This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1890

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1890

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1890

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1890

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier 1890 :

1° *Installation des membres du Bureau et du Comité*, discours de MM. G. Eiffel et V. Contamin. (Séance du 3 janvier, page 4).

2° *Décès* de MM. A. Meyer, E.-A. Chameroy, A. Proveux, V.-E. Gaupillat, E. Biver, G. Hirn, A. Durenne, S. Gotendorf et M. Gerest. (Séances des 3 et 17 janvier, pages 28 et 30).

3° *Décorations et nominations*. (Séances des 3 et 17 janvier, pages 29 et 31.)

4° *Dons* de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs. (Séances des 3 et 17 janvier, pages 29 et 31.)

5° *Monographie du régime hydraulique de la Seine*, lettre de M. de Coëne. (Séance du 3 janvier, page 30.)

6° *Médaille commémorative de la participation du Mexique à l'Exposition de 1889*, offerte à la Société par la Commission Mexicaine. (Séance du 3 janvier, page 30.)

7° *Les Travaux du Congrès international de mécanique appliquée*, par M. L. Boudenoot. (Séance du 17 janvier, page 31.)

8° *Le Chemin de fer glissant à propulsion hydraulique de L.-D. Girard*, par M. A. Barre. (Séance du 17 janvier, page 34.)

163381

Pendant le mois de janvier, la Société a reçu :

31379 — De M. Depérais (M. de la S.). *Primo risultato ottenuto dall' uso del cloruro di alluminio e proposta di nuovi rimedii contro la peronospora della vite*, par Dr O. Comes et C. Depérais. In-4° de 8 pages. Naples, 1889.

31380 — De M. Daniel Ammen. *American Isthmian canal routes*. In-8° de 33 pages. Philadelphia, 1889.

31381 — De M. P. Pignant (M. de la S.). *Principes d'assainissement des habitations des villes et de la banlieue*. 4e fascicule. Dijon. Darantière, 1889.

31382 — De M. J. Barral. *Histoire populaire des soixante-douze savants de la Tour Eiffel*. In-12 de 146 pages. Paris, Mersch. 1890.

31383 — *L'artillerie moderne*. In-12° de 256 pages, par le colonel Hennebert. Paris. E. Kolb, 1890.

31384 — De M. E. Reynier (M. de la S.). *Piles électriques et accumulateurs*. In-8° de 207 pages. Paris, J. Michelet, 1884.

31385 — Du même. *Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque*. In-8° de 222 pages. Paris, Baudry, 1888.

31386 — Du même. *Les voltamètres régulateurs zinc plomb*. In-8° de 24 pages. Paris, Baudry, 1889.

31387 — De M. S. Drzewiecki. *Les Oiseaux considérés comme des aéroplanes animés*. In-8° de 36 pages. Clermont, Daix frères, 1889.

31388 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. *Exposition universelle de 1889. Congrès international de mécanique appliquée. Procès-verbaux sommaires*, par A. Tresca. In-8° de 49 pages. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31389 — De M. P. Carette (M. de la S.). *Wagons pour le transport des vins, alcools, etc.* Album de trois photographies, 1889.

31390 — De M. Vlasto. *Exposition universelle de Paris 1889. Le Royaume de Grèce*. Album illustré in-f°, de 95 p.. par E. Chester. Paris et Londres, 1889.

31391 — Du même. *La Société métallurgique du Laurium Grec, ses produits, ses mines*, par A. Cordella. In-8° de 127 pages.

31392 — Du même. *Catalogue de la Collection géologique, minéralogique et pétrologique, exposée à Athènes, à la quatrième exposition olympique (1888)*, par A. Cordella. In-8° de 44 pages.

31393 — Du même. *Rapport sur les raisins secs à l'Exposition universelle de 1889*. Petit in-8° de 26 pages, par Em. Rodocanachi. Amiens, Delattre-Lenoel, 1889.

31394 — Du même. *Rapport sur les salines, mines et carrières du Royaume de Grèce*. Petit in-12° de 26 pages, par le Ministère des Travaux publics. Athènes, Imprimerie Nationale, 1889.

31395 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Philosophy of the multicylinder or Compound Engine its theory and its limitations.* In-8° de 37 pages. Philadelphia, 1889.

31396 — De M. Casalonga (M. D. de la S.). *Loi fédérale sur les brevets d'invention,* du 29 juin 1888, par le Conseil fédéral Suisse. In-12° de 13 pages, 1888.

31397 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Polonceau on Compound Locomotives.* Petit in-8° de 7 pages. London, W. Clowes and Sons, 1889.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2034 — De M. P. Coquerel (M. de la S.). *Note sur les Traverses métalliques à l'Exposition de 1889.*

2035 — De M. Lefer (M. de la S.). *Note sur une disposition propre à améliorer le rendement, pratique des moteurs à vapeur.*

2036 — De M. S. Périssé (M. de la S). *Les chaudières à vapeur de l'Exposition de 1889. — Description et caractères généraux.*

2037 — De M. A. de Ibaretta (M. de la S.). Analyse de l'ouvrage de M. E. Bois. *Estabilidad de las Construcciones de memposteria* (Stabilité des constructions en maçonnerie).

Les membres nouvellement admis pendant le mois de janvier sont: Comme membres sociétaires : MM.

L.	Bazire,	présenté par	MM. Jousselin, Chaperon et Marié.
R.	Ciccarelli,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
Ch.	Dupuich,	—	L. Francq, Mesnard et A. Brüll.
P.	Gronsky,	—	Mallet, Baranoff et Zbyszewski.
J.	Guedes de Queiroz,	—	Carimantrand, Mallet et Marchand.
F.	Gueldry,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.
E.	Hanquet.	—	Séguin, Mallet et Jouffret.
E.	Kopp,	—	Brustlein, P. Duthu et A. de Dax.
G.	Meyer,	—	Armengaudjeune, A.Cahen et Mardelet.
C.	Mullet,	—	Buquet, Appert et P. Terrier.
E.	Paillet,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
T.	Rainaldi,	—	A. Tresca, Langlois et D. Casalonga.
E.	Rouy,	—	Firminhac, Portier et Richard.
A.	Touchon,	—	Bouvier, de Loriol et Pourcel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1890

Séance du 3 janvier 1890.

PRÉSIDENCE DE M. G. EIFFEL.

La séance est ouverte à huit heures et demie, M. G. Eiffel, président sortant, prononce le discours suivant :

MES CHERS COLLÈGUES,

Arrivé au terme du mandat que vous m'avez fait l'insigne honneur de me confier pendant cette année si importante pour tous, et particulièrement pour notre Société, de l'Exposition de 1889, j'ai, suivant l'usage, à vous rendre sommairement compte de nos travaux pendant le cours de cette année, qui, la quarante-deuxième de l'existence de notre Société, aura été, grâce à vous tous, l'une des plus brillantes.

Mais, avant tout, je dois rendre un pieux hommage au souvenir de ceux de nos membres que nous avons perdus et dont malheureusement le nombre s'élève à trente-huit.

Vingt-huit d'entre eux ont fait l'objet de notes spéciales insérées dans les procès-verbaux de nos séances.

Ce sont :

MM. Bataille, D. Bonnet, Cail, Corpet, Courant, Dejey, Fouaillet, Fournier, Fragneau, Gavand, Gouvy père, Hack, Henriet, de Jubécourt, Jury, Laforestrie, Leblanc, Lemoine, Montagnier, Neujean, Piarron de Mondesir, Pollet, Quehen, de Ridder, Rist, Rocaché, Rudler.

Des notices nécrologiques insérées dans nos Bulletins retracent d'une façon plus détaillée la carrière trop tôt interrompue de nos dix autres collègues :

MM. Bonnami, A. Bonnet, Goschler, Maldant, Mathias, Muller, Netter, Pothier, de Reinhardt, Taillard, Vautier.

L'énumération de ces noms vous dit assez l'importance des pertes qu'a faites notre Société ; parmi celles-ci, elle a particulièrement à déplorer

la mort de deux de ses anciens vice-présidents, MM. Mathias et Goschler, et celle d'un de ses anciens présidents, M. Emile Muller, aux funérailles duquel notre Société s'est associée d'une façon si sympathique à la douleur de sa famille et de ses amis.

Le nombre de ceux qui sont venus grossir nos rangs, et remplacer les morts auxquels nous disons un dernier adieu, s'élève à cent vingt-trois membres sociétaires et quinze membres associés. En outre, MM. Barlow, Hirn, Alphand et Berger ont été nommés membres honoraires.

Il en résulte que le nombre de nos membres, qui était au 1er janvier 1889 de. 2 198
a été augmenté par les admissions de 142
et diminué par les décès et radiations de. 66
Nous comptons donc actuellement, dans notre Société, 2 274 membres.

En ce qui concerne nos finances, le rapport qui vous a été présenté par notre Trésorier vous a donne assez de renseignements pour qu'il soit inutile d'insister sur ce sujet. Je me contenterai de vous rappeler qu'un emprunt de 75 000 *f* a été fait parmi les membres de notre Société qui, avec un empressement dont je suis heureux de les remercier, y ont concouru pour une somme très supérieure à celle qui leur était demandée. Sur cet emprunt destiné à la réception des Ingénieurs étrangers, nous n'avons dépensé que 65 527,48 *f*. Grâce à la libéralité d'un certain nombre d'entre vous qui ont fait abandon du montant de leur souscription, nous nous disposons à rembourser 12 747,52 *f* à nos obligataires ; mais néanmoins notre capital social n'est plus que de 390 000 *f*, soit en diminution de 52 000 *f* sur notre avoir à la fin de 1888. Quoique nous soyons loin d'avoir à regretter cette situation en raison des résultats obtenus, nous n'en devrons pas moins faire tous nos efforts pendant les années qui vont suivre pour reconstituer notre capital antérieur et le ramener au chiffre que nous avions atteint de 451 000 *f*.

La Société a encore trouvé cette année une occasion de venir en aide aux familles des mineurs atteintes par une de ces catastrophes qui ne peuvent nous laisser insensibles. Comme pour les accidents des puits Jabin, Chatelus et de Cransac, une souscription a été ouverte en faveur des familles des victimes de Saint-Etienne. La Société a tenu une fois de plus à affirmer la sympathie qui unit les Ingénieurs à la classe ouvrière et une somme de 1 800 *f* a été rapidement recueillie et adressée aussitôt par le Comité. Les Mechanical Engineers d'Angleterre, que nous venions de recevoir à Paris, nous ont transmis, par l'intermédiaire de M. H. Chapman, et en plusieurs versements, la somme de 1 685 *f*, produit d'une collecte faite parmi les membres de cette Société et qui a été envoyée par nos soins dans la Loire. M. Reymond, notre ancien Président, sénateur de la Loire, et le préfet, M. Galtier, ont adressé par lettre à votre Société de chaleureux remerciements dont j'ai été heureux de retrouver l'écho et le souvenir reconnaissant dans l'excursion que nous avons faite dans le pays avec les Ingenieurs de l'Iron and steel Institut.

Votre bibliothèque s'est enrichie de nombreux ouvrages dus à la générosité de vos membres et d'industriels auxquels j'adresse tous vos remerciements.

Le classement de cette bibliothèque se poursuit avec persévérance et

nous croyons prochain le jour auquel la Société possédera enfin son catalogue au complet.

Les prix qui ont été décernés cette année par la Société sont :

Le prix annuel qui a été attribué à M. Barbet pour son mémoire sur la construction et le calcul des cylindres de presse hydraulique ou à air ;

Le prix Michel Alcan que nous avons pu remettre avant sa mort à notre regretté collègue M. H. Bonnami pour son mémoire sur la fabrication et la solidification des produits hydrauliques.

Le nouveau coin dû à la libéralité de M. H. Hersent, notre ancien président, a été terminé cette année par M. Chaplain, notre graveur ; aussi les médailles des trois prix qui n'avaient pas été distribuées l'année dernière ont été remises au mois de juin à nos lauréats :

M. E. Gruner, pour le prix annuel ;

M. A. Borodine, pour le prix Nozo ;

MM. A. Gouilly et D.-A. Casalonga, pour le prix Giffard.

J'arrive maintenant à vos travaux.

Les nouveaux venus parmi vous dans cette grande famille des Ingénieurs civils dont le nombre s'accroit chaque année, reconnaitront chez leurs aînés de multiples exemples d'un travail persévérant dont ils trouveront la trace pour l'année qui vient de s'écouler dans le rapide résumé des communications qui ont été faites et des discussions auxquelles elles ont donné lieu pendant nos vingt-une séances.

Ces travaux seront, suivant la division établie par le règlement, classés en quatre sections.

Travaux publics et constructions.

M. R. Cottancin nous a décrit son système de *constructions en ciments avec ossature métallique en fer*. MM. E. Polonceau, S. Périssé, Petit et moi-même avons présenté des observations sur ce système qui, bien appliqué, peut être d'une grande utilité.

Les améliorations des fleuves à marées ont fait l'objet de nouvelles observations de MM. J. Fleury, J. de Coëne et L. Vauthier dont vous connaissez la compétence.

M. E. Polonceau a bien voulu nous donner une analyse d'un important ouvrage de nos collègues, MM. P. Lefèvre et G. Cerbelaud, *sur les chemins de fer*.

M. F. de Garay nous a parlé du beau *pont de Poughkeepsie*, au sujet duquel il nous a fourni de nombreux renseignements qui ont donné lieu à MM. S. Périssé et P. Regnard de présenter diverses observations sur les systèmes de ponts américains.

M. J. Durupt nous a entretenus de son système de *maisons démontables*, qui peuvent rendre de grands services aux Ingénieurs pour leurs travaux à l'étranger.

M. P. Moncharmont, de son système de *voies métalliques universelles*, qui offre une solution complète de l'emploi des traverses métalliques.

Et enfin M. G. Lesourd, des *crampons à pointes multiples divergentes*, de M. Junquera.

Parmi les autres mémoires plus développés, je vous rappellerai celui

de M. J. Charton qui, dans son *aperçu général des dispositions et installations de l'Exposition universelle de 1889*, nous a dit par avance, de la façon la plus agréable et la plus attrayante, ce que devait être cette grande œuvre pour laquelle ses prévisions n'ont pas été trompées.

M. E. Dornès nous a donné un remarquable Mémoire sur le *Colmatage de la Crau et le dessèchement des marais de Fos*. C'est un sujet des plus importants, qui nous a été exposé avec une compétence toute particulière à l'aide de renseignements abondants et précis dont nous devons remercier notre collègue.

M. H. Hersent nous a fait une communication des plus intéressantes et des plus complètes sur le *bassin de radoub de Saïgon*, qui restera un des plus beaux travaux qui remplissent la carrière de notre éminent collègue.

Il nous a entretenus, ainsi que M. J.-B. Pradel, de la belle étude qu'il a faite de concert avec MM. E. Schneider et Cie, d'un avant-projet de *pont sur la Manche*, qui a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. Ed. Roy, J.-F. Pillet, E. Polonceau, A. Grouselle, J. Fleury, H. Forest et S. Périssé.

Enfin, M. Ch. Grille, dans sa communication sur le *chemin de fer à voie étroite de l'Exposition*, nous a fourni tous les résultats techniques et financiers de cette ligne, par laquelle la Société Decauville a démontré d'une manière frappante que les voies métalliques de son système à largeur très réduite peuvent s'adapter à des trafics considérables.

Mécanique et ses applications.

La question qui joue un si grand rôle dans l'étude des constructions, *celle des méthodes d'essais de résistance des matériaux et leur unification*, a fait l'objet d'un ouvrage de M. Svilokossitch, qui nous a été résumé de la façon la plus habile par M. Max de Nansouty. La discussion qui en a été la suite a amené les observations très judicieuses de MM. E. Polonceau, A. Dallot, G. Pesce, J. Euverte, E. Badois, E. Mayer, V. Contamin, D. de Laharpe, D. Casalonga, et montre tout l'intérêt que la Société attache à cette question, qui se représentera certainement devant elle, puisque deux des Congrès de cette année l'ont examinée. J'espère que M. de Nansouty voudra bien continuer son étude en vous exposant ce qui sera résulté des délibérations de ces Congrès.

M. R. Cottancin nous a donné tous les détails relatifs *au transport de la canonnière Farcy*, depuis la porte du Palais de l'Industrie jusqu'à la berge de la Seine à l'aide de voies Decauville.

M. Benoit-Duportail a présenté une analyse de l'ouvrage de MM. D.-A. et Ch. Casalonga sur les *marteaux-pilons et les presses hydrauliques appliquées aux travaux de forge et de chaudronnerie*. Cet important ouvrage a donné lieu à des observations de MM. D.-A. Casalonga, E. Polonceau, S. Périssé et A. Lencauchez.

M. S. Périssé nous a analysé le livre que notre collègue M. Denis Poulot vient de faire paraître sous le titre : *Méthode d'enseignement manuel pour former un apprenti mécanicien*, et nous en a fait ressortir le côté éminemment pratique.

M. L. de Longraire a étudié devant vous *la raideur des cordages* et a discuté les différentes formules usuelles qui laissent beaucoup à désirer. Il en a proposé de nouvelles qui sont plus en accord avec la réalité.

M. V. Contamin a analysé une note de M. L. Rey *sur les nouvelles formules pratiques pour le calcul des pièces soumises à des efforts de flexion et de tension*. En ne faisant usage que des coefficients de résistance à l'extension, M. Rey a comblé une lacune qui avait préoccupé beaucoup de ceux d'entre nous qui s'occupent de la Résistance des matériaux.

Les sujets qui ont donné lieu à des communications plus étendues sont : *la Traction funiculaire des bateaux sur les canaux, système Maurice Lévy*, laquelle, après une visite faite à Joinville-le-Pont, a été l'objet de la part de M. A. Brüll, pendant votre deuxième séance, d'un très remarquable compte rendu. M. Maurice Lévy, qui assistait à cette séance, vous a complété cet exposé par des observations du plus grand intérêt. MM. O. Delfosse, V. Contamin, E. Polonceau et moi-même avons présenté, principalement au point de vue de la résistance des câbles, quelques remarques sur ce sujet d'une haute utilité.

MM. F. Rabeuf et E. Carez ont fait un compte rendu des expériences faites à Tergnier, sur le canal de Saint-Quentin, devant le Congrès international de navigation, pour le même but, *celui du halage funiculaire*, suivant le système Oriolle. Ce dernier fonctionne aussi d'une façon satisfaisante et il serait très intéressant de comparer d'une manière détaillée, les résultats pratiques de ces deux systèmes qui présentent une grande analogie.

M. L. Boudenoot nous a présenté un Mémoire de M. E. Daujat sur *l'Exploitation de la distribution de la force motrice au moyen de l'air raréfié*, et sur les installations nouvelles de l'usine de la rue Beaubourg. Ce mémoire constate le succès des petits moteurs employant ce système qui peut rendre de si utiles services dans la petite industrie.

M. A. Ansaloni vous a décrit dans tous leurs détails *les ascenseurs de la Tour de 300 mètres*. Ces appareils donneront probablement lieu à une communication nouvelle, indiquant la manière dont ils ont fonctionné.

Le principe Compound et son application aux locomotives a fait l'objet de deux communications très importantes : l'une de M. A. Pulin, et l'autre de M. E. Polonceau sous le nom de *la Locomotive Compound*. Elles ont donné lieu à des discussions d'un grand intérêt de la part de MM. J. Garnier, A. Mallet, L. Parent et Ch. Roy.

Enfin, M. L. Soulerin s'est livré à l'étude très approfondie des freins pneumatiques au sujet de la communication qu'il a faite *d'un nouveau système de freins continus*. Indépendamment de ce système lui-même, nous croyons que c'est une des études les plus complètes qui existe sur ce sujet.

Je signalerai en dernier lieu l'insertion dans nos bulletins de la 2e partie du savant mémoire présenté par M. Bertrand de Fontviolant *sur une théorie nouvelle des déformations élastiques*.

Mines et Métallurgie.

M. E. Grüner a excité votre intérêt par les notes techniques qu'il a recueillies pendant *le voyage de la Société à Barcelone et à Bilbao*. Ces notes sont très nourries de faits et seront consultées avec fruit par chacun de nous.

M. E. Polonceau nous a donné connaissance de l'important travail de M. A. Bresson sur *la fabrication et les emplois actuels de l'acier déphosphoré*.

M. Bresson a communiqué lui-même un second Mémoire sur *l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Allemagne*. Ce mémoire, qui est inséré *in extenso* dans nos bulletins, présente un intérêt industriel considérable en raison de la compétence de M. Bresson et de sa connaisance très complète des conditions industrielles, non seulement de l'Autriche, mais encore de l'Allemagne.

La déphosphoration sur sole en France a fait l'objet d'observations historiques par MM. A. Lencauchez, F. Gautier et J. Euverte.

Physique et Chimie.

La question si importante de l'éclairage électrique a, naturellement, fait l'objet de plusieurs communications. L'une, par M. E. Polonceau *sur l'éclairage électrique de la ville de Milan*, où sont relatés un grand nombre de renseignements pratiques ; un autre, par M. A. de Bovet, directeur du Syndicat des électriciens *sur l'éclairage électrique de l'Exposition universelle*. Ce mémoire fournit, avec celui de M. J. Charton, les notes les plus complètes qui aient encore paru sur l'installation technique de l'Exposition ; enfin nous avons eu une analyse très complète, par M. Max de Nansouty, du consciencieux et remarquable ouvrage de M. L. Vigreux, intitulé : *Projet d'utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville*.

M. P. Gassaud nous a présenté une analyse de l'ouvrage de M. le docteur Lafont, *sur le gaz à l'eau*, dont les conclusions ont été très vivement combattues par notre collègue M. E. Cornuault.

M. J. Pillet nous a entretenus de *sa balance électrique*, dont il est à désirer que la pratique vienne consacrer les indications théoriques.

Enfin, M. Jablochkoff nous a fait une communication sur *la production de la force motrice par l'électricité*, qu'il considère comme devant être préconisée pour les petites forces. MM. P. Regnard, E. Hospitalier et H. Hervegh ont pris part à la discussion qui suit cette communication.

Enfin, pour clore la série de ces communications, j'ai à vous mentionner l'étude, faite par M. D. Casalonga, de *la nouvelle loi suisse du 29 juin 1888 sur les brevets d'invention*, au sujet de laquelle MM. S. Périssé, Ed. Roy, C. Mardelet et E. Polonceau ont présenté des observations dont il serait très désirable de voir tenir compte dans la revision de la législation actuelle des brevets en France.

Tels ont été les travaux de la Société pendant ses séances, et vous

voyez qu'un grand nombre présentent le plus sérieux intérêt ; mais là ne s'est pas bornée son activité et ses membres ont joué un rôle important dans les nombreux Congrès de 1889, soit comme Présidents, soit comme Vice-Présidents ou Secrétaires, soit comme auteurs de mémoires très remarqués.

Il m'est impossible de vous énumérer ces derniers travaux, je me bornerai à vous rappeler les noms de ceux d'entre vous qui ont été nommés soit Membres des commissions d'organisation, soit Membres des bureaux définitifs.

CONGRÈS DE	MEMBRES DE LA COMMISSION D'ORGANISATION	MEMBRES DU BUREAU
Mécanique appliquée.	MM. Badois. — Barba. — Baudry. — Boudenoot. — de Comberousse. — Delaunay-Belleville. — J. Farcot. — Gottschalk. — A. Mallet. — Mignon. — Max de Nansouty. — S. Périssé. — E. Polonceau. — G. Richard. — Richemont. — Ed. Simon. — A. Tresca. — Vigreux. — Jules Armengaud.	MM. Gottschalk, Farcot, *Vice-Présidents*. — A. Tresca, Max de Nansouty, Boudenoot, *Secrétaires*.
Mines et métallurgie.	MM. Boucheron. — A. Brüll. — P. Buquet. — Clémandot. — A. Evrard. — Gautier. — A. Hallopeau. — S. Jordan. — Remaury. — Rogé. — Schneider. — de Selle. — Wurgler. — Bresson. — Dujardin-Beaumetz. — Edouard Gruner.	MM. Jordan, Remaury, *Vice-Présidents*. — Lodin, Ferd. Gautier, E. Gruner, *Secrétaires*.
Navigation fluviale.	MM. Charles Cotard. — P. Regnard. — Pronnier. — L. Vauthier.	
Procédés de construction. . .	MM. Contamin. — Delmas. — G. Eiffel. — Bertrand de Fontviolant. — Gouin. — H. Hersent. — Jolly. — Lantrac. — L.-G. Le Brun. — Lippmann. — A. Moreau. E. Muller. — Max de Nansouty. — L. Baudet. — J. Charton.	MM. Eiffel, *Président*. — Muller, *Vice-Président*. — Bertrand de Fontviolant, Moreau, *Secrétaires*.
Accidents du travail.	MM. Cauvet. — E Gruner. — E. Muller. — Max de Nansouty. — Portevin. - F. Reymond. — Emile Cacheux.	MM. E. Muller, *Vice-Président*. — E. Gruner, *Secrétaire Général*.
Travaux maritimes	MM. J. Fleury. — H. Hersent. — Lavalley. — R. Le Brun. — Molinos.	MM. Lavalley, *Vice-Président*. — J. Fleury, *Secrétaire*.
Habitations ouvrières	MM. Cacheux. — Dietz-Monnin. — Guary. — Menier. — Emile Muller. — Emile Trélat.	
Cercles d'ouvriers.	M. Remaury.	

CONGRÈS DE	MEMBRES DE LA COMMISSION D'ORGANISATION	MEMBRES DU BUREAU
Utilisation des eaux fluviales.	MM. Pronnier. — L. Vauthier.	M. Cotard, *Vice-Président.*
Chimie.	M. Berthelot.	
Etude des questions coloniales.	M. l'amiral Pâris.	
Sauvetage.	MM. Cacheux. — de Nansouty. — A. de Rothschild.	
Architectes	MM. Alphand. — Bourdais. Castel. — Eiffel. — Reymond. — Emile Trélat. — M. Ch. Lucas, *secrétaire.*	
Sciences ethnographiques . .	M. Ch. Lucas.	
Protection des œuvres d'arts et des monuments	MM. Alphand. — Ch. Lucas. — E. Trélat.	
Habitations à bon marché . .		MM. E. Muller, *Vice-Président.* — E. Cacheux, *Trésorier.*
Électriciens.		MM. Fontaine, *Vice-Président.* — Hillairet, Hospitalier, *Secrétaires.*

On a fait aussi appel à la compétence d'un grand nombre de nos membres en les appelant à participer aux travaux du Jury des récompenses de l'Exposition.

Vous me permettrez de vous rappeler leurs noms, qui sont au nombre de **92**.

Ce nombre, ainsi que celui des Membres des commissions d'organisation des congrès, montrent bien dans quelle haute estime les pouvoirs publics tiennent la Société des Ingénieurs civils :

Aucune Société ni aucun corps n'ont été appelés à fournir à notre grande entreprise nationale un contingent aussi considérable d'hommes d'une compétence reconnue.

C'est pour ce motif que nous pouvons être fiers de rappeler tous ces noms et que vous m'approuverez de les grouper dans ce résumé annuel.

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

FAISANT PARTIE DU JURY DES RÉCOMPENSES

GROUPE II..	CLASSES 6, 7 et 8 . . .	Jacquemart. — Mesureur — Portevin.
	CLASSE 9	Cauvet.
	CLASSE 10.	Dumont.
	CLASSE 11.	Parrot.
	CLASSE 15.	Colonel Laussedat.
GROUPE III..	CLASSE 19.	Appert. — Biver. — L. Renard.
	CLASSE 20.	Martin. — Redon.
	CLASSE 25.	Coutelier. — A. Durenne.
	CLASSE 26.	Garnier.
	CLASSE 27.	Grouvelle. — Luchaire. — Muller. — Cornuault. — Piet.
GROUPE IV..	CLASSE 30.	Noblot. — Wallaert.
GROUPE V...	CLASSE 41.	Boas. — Boutmy. — Ellicott. — Holtzer. — Létrange. — Mignon. — Remaury. — Rogé.
	CLASSE 44.	P. Guillemant.
	CLASSE 45.	de Bonnard.
	CLASSE 46.	Decaux.
GROUPE VI..	CLASSE 48.	Jordan. — Wurgler. — Petitjean. — de Quillacq.

GROUPE VI.	CLASSE 49.	Albaret. — Chabrier. — Liébaut. — Tresca.
	CLASSE 50.	Egrot. — Hignette. — E. Boire.
	CLASSE 51.	Bérendorf. — Deutsch. — Perret.
	CLASSE 52.	Bourdon. — Farcot. — Féray. — Lavalley. — Piat. — Weyher.
	CLASSE 53.	Bouhey. — Léon. — Rouart. — Vaslin.
	CLASSE 54.	A. Imbs.
	CLASSE 55.	G. Denis.
	CLASSE 56.	Godillot. — Hurtu. — Legat. — Gotendorf.
	CLASSE 57.	Panhard.
	CLASSE 58.	Dehaître. — Ermel.
	CLASSE 59.	Périssé. — Bougarel.
	CLASSE 60.	Binder. — Mauclère. — Quenay. — Pozzy.
	CLASSE 61.	Chevalier. — Desgrange. — Level. — Salomon.
	CLASSE 62.	Jousselin. — Aylmer. — Sautter.
	CLASSE 63.	Guillotin. — Jolly. — Michau. — Molinos. Moisant. — Reymond. — Trélat.
	CLASSE 65.	Pérignon. — Rueff.
	CLASSE 66.	Canet.
GROUPE VII.	CLASSES 70, 71 et 72. .	Prevet. — Dufresne.
	CLASSE 73.	Cirier. — d'Adelsward. — Prangey.
	CLASSE 73 *bis*	Ronna.
	CLASSE 74.	Lavalard.
	Économie sociale. . . .	Ch. Lucas.

Non seulement la Société avait à se partager entre les multiples congrès et les fréquentes réunions des jurys, mais elle avait encore à exercer les devoirs de l'hospitalité envers les nombreux Ingénieurs étrangers qui s'étaient adressés à elle comme à une des plus puissantes associations représentant en France la profession de l'Ingénieur sous ses formes les plus diverses.

Ces réceptions, qui ont été très laborieuses, ont pris le temps d'un grand nombre d'entre vous, mais aussi elles ont été l'une des manifestations les plus éclatantes de votre activité.

Grâce à M. A. Brüll qui, comme président de la Commission spéciale des réceptions, s'y employait avec un zèle remarquable, le programme des réunions et des visites avait été soigneusement établi plusieurs mois à l'avance et communiqué aux Sociétés que nous devions recevoir. Votre empressement à couvrir l'emprunt que nous vous proposions nous était encore une preuve du désir que vous aviez tous de voir ces manifestations de fraternité professionnelle être dignes de la France et de notre Société. Aussi avons-nous essayé, dans les limites des ressources dont nous disposions, de leur donner tout l'éclat possible, en mettant à profit l'aide des sympathies qui s'offraient à nous et dont j'aurai à vous parler.

La première réception fut celle des Ingénieurs américains, qui eut lieu du 20 au 26 juin. Ces messieurs, au nombre de trois cents environ, appartenaient à trois Sociétés différentes : celle des Ingénieurs civils de New-York représentée par M. Towne, le président de cette Société, par M. Wittemore, président honoraire, et par M. Chanute, ancien président; celle des Ingénieurs mécaniciens avec M. Woodbury, son vice-président, et enfin celle des Ingénieurs des Mines.

M. Brüll et M. Caen, un de nos plus zélés commissaires, ont donné un récit très complet de cette réception, dont tous les points du pro-

gramme eurent un plein succès. Je n'en rappellerai que l'accueil particulièrement distingué que votre Bureau, en présentant nos collègues américains, a reçu du Président de la République, du Conseil municipal de Paris et du Préfet de la Seine.

Le 2 juillet commence la réception des 280 membres de la Société des Ingénieurs mécaniciens anglais, venus à Paris pour y tenir leur Congrès annuel, sous la présidence de M. Ch. Cochrane. MM. Brüll, Caen et Herscher vous ont entretenus de cette seconde réception dans laquelle la soirée donnée dans notre hôtel, les visites à la Tour et aux divers établissements qui nous ont généreusement offert leur concours, ont laissé la meilleure impression dans l'esprit de nos hôtes, ainsi qu'en témoignent une chaleureuse lettre de remerciements qui a été adressée à votre président par M. Ch. Cochrane, et la généreuse souscription jointe à la nôtre pour les victimes de la catastrophe de Saint-Étienne.

Le 10 septembre, nous recevions les Ingénieurs belges et hollandais, au nombre de plus de 500 et appartenant :

Pour la Belgique : à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (M. Montefiore-Levi, président); à l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand (M. Morelle, président); à la Société des Ingénieurs de l'Université de Louvain (M. Fabry, président); à la Société des Ingénieurs de l'Université de Bruxelles (M. Van Drunen, président); à la Société des Ingenieurs de l'École des Mines du Hainaut (M. Briard, président);

Pour la Hollande : à l'Institut royal néerlandais, sous la direction de M. Michaëlis, président.

Dans les réunions qui ont eu lieu pour cette réception, notamment à la Tour où nous étions réunis dans un banquet au nombre de 550 convives et chez MM. Ménier où il nous a été fait une magnifique réception, nous avons trouvé chez nos hôtes, plus que de la cordialité, mais un véritable enthousiasme dont un écho vous a été reporté par le récit que vous en a fait notre vice-président, M. S. Périssé, au dévouement duquel, pendant ces agréables mais fatigantes réceptions, la Société doit une reconnaissance particulière pour la façon dévouée dont il a constamment mis son activité et son temps à la disposition de votre Président.

La semaine suivante, le 17 septembre, eut lieu la réception de 60 Ingénieurs espagnols, 90 Ingénieurs russes, 25 Ingénieurs portugais, 7 Ingénieurs brésiliens et quelques Ingénieurs chiliens. M. Périssé vous a également rendu compte de cette visite et des toasts pleins de chaleureuse sympathie échangés soit à la Tour, soit aux Établissements Decauville avec MM. Belelubsky, professeur à l'Institut de Saint-Pétersbourg, de Ybaretta et Thos y Codina, Ingénieurs espagnols, de Mello, Ingénieur brésilien, et surtout avec notre éminent collègue, M. de Mattos, président de la Société des Ingénieurs portugais à Lisbonne.

Enfin, le 24 septembre, nous avons reçu les membres de l'Iron and Steel Institut d'Angleterre, venus à Paris au nombre de 350 pour leur meeting général et ayant à leur tête sir James Kitson, leur président.

Après les banquets qui ont eu lieu à la Tour et à l'hôtel Continental, dont M. E. Polonceau vous a entretenus, ont eu lieu dans des trains spé-

ciaux deux magnifiques voyages, l'un au Creusot, dont M. Périssé vous a rendu compte, et l'autre dans la Loire, dont le récit vous a été fait par M. Herscher jeune. Ces deux excursions exceptionnelles ont laissé dans le souvenir de ceux qui y ont assisté, d'inoubliables souvenirs. Votre Société y a reçu des populations elles-mêmes et des autorités le plus enthousiaste accueil. Les excursions à Longwy et dans le Luxembourg, ainsi qu'à la région de Maubeuge, n'ont pas eu moins de succès.

Le nombre des Ingénieurs étrangers qui ont été l'objet de ces diverses réceptions n'a pas été moindre de 1 877 ; nous pouvons être assurés que leur réussite a été complète et que nos hôtes ont pu repartir très satisfaits de l'accueil qu'ils avaient reçu parmi nous.

Nous avons à ce sujet bien des remerciements à adresser, d'abord à nos collègues, MM. Brüll, Périssé, Reymond, Buquet, Chapman, Vaslin, Caen, Herscher, Regnard, Canet, Godillot, E. Pontzen, etc., puis aux Ingénieurs de la Ville, MM. Bechman et Launay, à MM. Bixio, Ménier, Decauville, Schneider, de Montgolfier, Thiollier, Cholat, Holtzer, Douvreleur, Marrel, Arbel, Deflassieux, etc., et enfin à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, qui a constamment facilité nos voyages par des trains spéciaux, ainsi qu'aux Compagnies du Nord et de l'Est. Tous ceux qui nous ont apporté leur concours dans ces circonstances ont droit à notre gratitude et ils me pardonneront d'avoir omis ici bien des noms qui ont trouvé leur place dans nos bulletins.

Je dois mentionner aussi que le 17 septembre, votre Société a eu l'honneur de recevoir dans un déjeuner à la Tour M. Edison qui, en compagnie de M. Gounod, a passé avec nous quelques heures dont nous avons gardé un précieux souvenir.

M. le Président de la République, par une lettre adressée à votre Président, a bien voulu faire remercier la Société des Ingénieurs civils qui, dit-il, « *a su faire si dignement aux Ingénieurs étrangers venus à Paris cette année les honneurs de l'Exposition et de l'œuvre industrielle de la France* ».

Ces réceptions, qui ont jeté un grand éclat sur notre Société, lui ont assuré au dehors des liens d'amitié solides et durables dont le témoignage s'est produit par de précieuses expressions de gratitude. Parmi celles-ci, vous me permettrez de vous reporter l'honneur qui a été fait à votre Président, lequel a été nommé membre honoraire des « Mechanical Engineers » anglais, de celle des « Mechanical Engineers » américains, de celle des Ingénieurs de Gand et de Liège, et enfin de l'« Iron and steel Institut ». Je ne puis que remercier ici les associations de l'honneur qu'elles ont ainsi fait à notre Société dans la personne de son Président.

Mais en dehors de ces réceptions, vous savez tous la part considérable qu'a pris la Société elle-même, non seulement dans la construction de différents édifices de l'Exposition, soit parmi les ingénieurs comme MM. Contamin, Charton, Vigreux, Bourdon, Pierron, etc., soit parmi les entrepreneurs, dont on peut dire que tous ceux qui en ont construit la partie métallique appartiennent à la Société, soit personnellement, soit par leurs principaux collaborateurs, mais encore parmi les exposants eux-mêmes dont les produits industriels devaient faire l'attrait de ces galeries.

M. le Président de la République a pu dire à juste titre, à notre vice

président, M. Périssé, dans la visite qu'il a faite au local qui nous était réservé et où nous étions nous-mêmes exposants, *que les œuvres des Ingénieurs civils remplissaient l'Exposition.*

Aussi la part que nous avons eue dans les récompenses est considérable.

Tout d'abord la Société elle-même a été récompensée de son action collective par un Grand Prix dans la classe 63.

Quant à ses membres, 70 ont été mis hors concours; les autres ont obtenu 48 grands prix, 164 médailles d'or, 141 médailles d'argent, 67 médailles de bronze et 29 mentions honorables. Le chiffre relativement élevé, non seulement du nombre total de ces récompenses mais surtout de celui des récompenses d'ordre supérieur (grands prix ou médailles d'or), montre assez par lui-même le mérite de nos sociétaires exposants.

Mais ce ne sont pas, Messieurs, les seuls résultats de l'année 1889; une grande quantité de décorations données à nos collègues est venue s'y ajouter :

En premier lieu dans la Légion d'honneur :

Ont été promus au grade de commandeur :

MM. Bixio, Cauvet, de Naeyer.

Au grade d'officier :

MM. Aylmer, Bariquand, Chapman, Charton, Contamin, P. Decauville, Delaunay-Belleville, Eiffel, Fontaine, P. Garnier, Geneste, Ghesquière, Guillotin, Charles Herscher, J. Hignette, Lantrac, Menier, Moisant, Petitjean, Prevet, Richemond, Sédille, Vigreux, Vuillemin, Weyher.

Au grade de chevalier :

MM. E. Armengaud, P. Arrault, Badois, Barbet, Baudet, G. Beliard, Berton, Berthon, Boire, Bornèque, Bougarel, Boulet, Bourdon, Boutmy, de Brochocki, Brustlein, Bunel, Coignet, Collignon, Denis, Deutsch, Domange, Dujour, Durand, Duval, Egrot, Fould-Dupont, Gatget, Godfernaux, Grébus, Guyenet, Imbs, Lecouteux, Legrand, Lelubez, Levassor, Lippmann, Luchaire (Léon), Martin, Mauclère, Mauguin, Monjean, Petitjean, Pierron, Portevin, Richard, Rouart, Salles, Salomon, Sautter, Simons, Thirion, des Tournelles, Tresca, Zschokke.

Il faut ajouter à cette longue liste 16 officiers de l'instruction publique, 28 officiers d'académie, 1 officier et 5 chevaliers du Mérite agricole, plus un grand nombre de décorations étrangères.

Nous pouvons considérer comme venant s'ajouter à la suite de cette longue liste de récompenses le prix Osiris, qui, partagé entre les différents collaborateurs de la Galerie des machines, est venu récompenser notre cher collègue Contamin de ses remarquables études.

Permettez-moi d'y ajouter aussi, en la considérant comme pouvant être revendiquée par notre Société, la haute distinction qui vient de m'être accordée par l'Académie des Sciences; je veux parler du *prix de mécanique* (fondation Montyon) *pour l'ensemble de mes travaux de constructions métalliques.*

J'y ai été d'autant plus sensible que, parmi les premiers titulaires de

ce prix et à côté de noms glorieux, tels que celui de Poncelet, j'en retrouve beaucoup d'autres tels que ceux du général Morin, Giffard, Tresca, Lavalley, Arson, Armengaud père, Léon Francq, qui appartiennent à notre Société, et dont elle s'honore.

J'en ai fini, Messieurs, avec cette longue énumération des preuves de l'activité déployée par vous dans cette mémorable année de 1889, qui comptera, non seulement dans les annales de la France, mais aussi dans celles de la Société.

Si cette année a pu être aussi bien remplie et si nous ne nous sommes pas montrés inférieurs à la tâche que nous nous étions fixée, c'est que votre Bureau et votre Comité ont fait preuve d'un dévouement auquel je dois rendre un public hommage, et qu'un grand nombre d'entre vous, messieurs, ont bien voulu s'adjoindre à nous pour nous prêter un concours dont je les remercie sincèrement. Ces remerciements s'adressent aussi au personnel de la Société et particulièrement à notre Agent général, M. A. de Dax, qui a rempli ses difficiles fonctions à la satisfaction de tous.

Il me reste, Messieurs et chers Collègues, à vous dire combien je vous suis reconnaissant de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la Présidence pendant cette année si difficile, avec de telles responsabilités et les grands souvenirs de Flachat et de Tresca, qui avaient occupé ce fauteuil pendant les deux dernières Expositions universelles.

Grâce à vous, cette année 1889 aura été la plus brillante de mon existence; mais j'ai à faire un souhait, je le forme sincèrement et du fond du cœur: c'est que vous appréciez que je n'ai pas été indigne de la tâche que vous m'aviez confiée, à laquelle, en tout cas, n'a pas failli mon dévouement.

En quittant ce fauteuil, j'ai le grand plaisir de penser qu'il va être occupé par notre excellent collègue et ami Contamin.

Vous avez certainement voulu récompenser en lui l'un de ces travailleurs qui ont, pendant cette année même, jeté le plus d'éclat sur notre Société. Toutes les constructions métalliques de l'Exposition, ses palais, ses dômes et surtout son admirable galerie des Machines sont, au point de vue de l'Ingénieur, l'œuvre de notre collègue.

Vous avez aussi voulu donner un témoignage de reconnaissance et de sympathie, non seulement à l'excellent professeur, dont l'enseignement est si précieux, mais aussi au collègue, que vous aimez tous; qui, par la bonté et la droiture de son caractère s'est assuré depuis longtemps de votre estime et de votre affection. Votre concours ne lui fera pas défaut dans le cours de cette année, où les fruits de l'Exposition vont trouver leur place dans vos séances : vous me permettrez d'y faire appel en vous remerciant, encore une fois, mes chers Collègues du Bureau et du Comité, et vous tous, Membres de cette Société, de celui qui m'a été apporté si généreusement par vous cette année dans le but d'accroître le bon renom des Ingénieurs civils français.

M. V. Contamin, président, après avoir serré la main à M. Eiffel, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon cher Président,

Les paroles si bienveillantes que vous venez de m'adresser m'ont pro-

fondement touche et c'est de tout cœur que je vous remercie du témoignage de sympathie que vous venez de me donner. Permettez-moi à mon tour de vous exprimer au nom de la Société combien le souvenir de votre présidence restera gravé dans sa mémoire, du fait des preuves incessantes de dévouement à ses intérêts que vous n'avez cessé de lui prodiguer, et de celui de l'intéressante direction que vous avez su imprimer à ses discussions.

Votre nom, justement estimé et universellement connu, a ajouté au prestige de nos réceptions et contribué à étendre la juste renommée de l'influence que nous exerçons sur les progrès réalisés par l'industrie. Notre gratitude pour les services que vous nous avez rendus est d'autant plus grande que nous savons tous combien votre temps était absorbé par les importants intérêts que vous aviez à sauvegarder et par les discussions intéressantes que vous deviez présider dans les Congrès qui vous avaient demandé votre concours.

Nous sommes heureux, mon cher Président, des succès de toutes sortes que vous avez remportés ; ils nous sont chers à plus d'un titre : s'adressant à l'un des nôtres, ils rejaillissent tout d'abord toujours un peu sur notre corporation ; puis, et surtout, parce que vous avez montré tout ce que peut l'homme de cœur qui, marchant droit devant lui, ne craint pas d'engager sa responsabilité, et aussi parce que vous avez été l'un des éléments les moins contestés du succès que notre grande et belle Exposition vient de remporter devant le monde entier.

Ce sont là des titres à la gratitude de tous les bons citoyens et en particulier de notre Société ; soyez assuré qu'elle vous est toute acquise. *(Très bien ! Très bien ! applaudissements.)*

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Après avoir rendu à notre Président le juste hommage dû au dévouement avec lequel il a rempli ses difficiles et absorbantes fonctions, permettez-moi de vous remercier, tout d'abord du fond du cœur, de l'honneur que vous m'avez décerné en m'appelant par vos suffrages presque unanimes à présider vos séances pendant l'année 1890, et de vous exprimer toute ma gratitude pour le témoignage d'affectueuse sympathie que vous m'avez donné dans cette circonstance. Je ne pouvais rêver de plus grand honneur ni de consécration plus brillante de ma carrière d'Ingénieur ; soyez assuré que je ferai tout ce qui dépendra de moi pour continuer de mon mieux la tradition de mes prédécesseurs, pour augmenter si possible l'estime et l'état de prospérité dont notre Société jouit à si juste titre.

Vous pouviez choisir un collègue plus autorisé que moi, ayant contribué pour une part plus grande qu'il ne m'a été donné de le faire, à accroître le prestige et la bonne renommée de notre profession ; si vous ne l'avez pas fait et m'avez désigné pour remplir les hautes fonctions de président de notre Société, c'est que vous vouliez accorder un dernier souvenir à la belle et majestueuse manifestation à laquelle notre génie national vient de se livrer et témoigner de votre désir d'établir, au sortir de la glorieuse et féconde Exposition que la France vient de montrer au monde, le bilan des progrès nouveaux réalisés dans les différentes

branches de l'activité humaine. Vous avez pensé que je pouvais vous aider dans cette mission ; comptez, Messieurs et chers Collègues, sur tout mon zèle pour mettre en évidence la grande part prise par notre chère Patrie, dans la marche toujours ascendante de l'humanité vers le progrès et l'influence considérable exercée par le Génie civil sur cette marche.

Ce bilan sera glorieux pour la France et on ne peut plus honorable pour notre profession dont l'influence sur la prospérité publique a été toujours en augmentant. Nous avons continué à bien remplir notre mission, qui consiste à contribuer au progrès scientifique et industriel du pays ; nous avons toujours grandi dans l'estime générale sans laquelle tout travail devient stérile et ingrat ; c'est donc bien nous que l'opinion de nos concitoyens désigne pour établir ce précieux inventaire.

Nous n'avons pas accès dans les carrières publiques, mais notre domaine est autrement vaste et grand, car il comprend l'Industrie nationale tout entière sous toutes ses faces, et même dans le domaine public, c'est encore à nous que les Ingénieurs de l'État s'adressent forcément, lorsqu'ils commandent la réalisation de leurs travaux à l'Industrie. Ils sont d'ailleurs les premiers à reconnaître l'importance du concours que nous leur prêtons et ils admettent parfaitement que la plupart des grands progrès réalisés dans leur art sont une conséquence du développement toujours grandissant de notre instruction professionnelle et des améliorations constantes que nous apportons à toutes les branches des connaissances humaines. Nous sommes pour eux des auxiliaires précieux. dont bien certainement ils ne contestent pas la compétence.

Et il ne peut pas en être autrement, car nous avons pour stimuler notre activité intellectuelle un puissant élément de succès : le besoin de travailler, de toujours nous tenir au courant, sous peine de déchéance morale, des progrès accomplis et même de les accentuer ; c'est pour nous le seul moyen de procurer à nos familles la dose de bien-être que chacun de nous cherche avec raison à lui donner ici-bas. Nous représentons le travail libre dans lequel on applaudit et encourage tout progrès et toute innovation et dans lequel aucun obstable ne vient entraver une carrière qui se présente à vous n'ayant d'autres limites devant elle que celles assignées à votre intelligence et à vos aptitudes professionnelles.

Nos origines sont variées ; elles ont leur source dans l'Ecole polytechnique et l'Ecole centrale, dans celles d'arts et métiers, ou même dans de simples écoles professionnelles ; plusieurs des nôtres, et non des moins illustres, dont l'autorité est universellement acceptée, ne se réclament que de leur travail et de leurs études personnelles. Nous ne reconnaissons qu'une seule et unique hiérarchie : celle due aux services professionnels qu'on s'est trouvé à même de rendre à l'industrie à laquelle on s'est consacré. Nous ne reconnaissons, enfin, d'autre suprématie que celle due au travail et à une expérience longuement acquise par la pratique des questions et problèmes qu'on a eu à étudier.

Nous réunissons donc les qualités voulues pour bien établir la situation à ce jour de notre industrie nationale et des derniers progrès réalisés, et c'est là une bonne partie de l'œuvre que nous devons accomplir dans cette session. Notre excellent collègue, M. Simon, l'a commencée en vous représentant l'état actuel de la grande industrie de la Filature.

notre sympathique vice président, M. Périssé, doit la continuer bientôt en vous parlant de la question des générateurs ; permettez-moi, puisque votre Président doit toujours vous entretenir d'une question qui lui est plus ou moins personnelle, de vous dire quelques mots des ossatures métalliques des bâtiments de l'Exposition, dont j'ai eu à m'occuper d'une manière toute particulière.

Lorsque je me suis trouvé choisi par notre illustre et éminent maître, M. Alphand, pour étudier et diriger la construction des ossatures métalliques des palais de l'Exposition, je n'ai pas été sans éprouver un certain sentiment d'hésitation à accepter une tâche aussi lourde et remplie de difficultés techniques, au double point de vue d'une exécution rapide et économique. Les trois architectes : MM. Dutert, Bouvard et Formigé, auxquels M. Alphand avait confié les études des trois groupes de palais constituant l'Exposition proprement dite, avaient, en effet, arrêté sous sa haute et puissante direction des ensembles de construction qui, pour être en tous points dignes des grands souvenirs qu'il s'agissait de fêter, dépassaient en dimension tout ce qui avait été projeté et exécuté jusqu'à ce jour pour ce genre de construction. Les dimensions n'étaient pas faites pour nous effrayer ; la difficulté était de faire grand, tout en restant comme dépense dans des prévisions d'avant-projet qui n'attribuaient pas au métal la somme semblant tout d'abord devoir répondre à la hauteur moyenne tout à fait exceptionnelle des bâtiments.

Je ne rappellerai pas les dispositions d'ensemble et architecturales de ces palais, ainsi que des autres parties de l'Exposition ; elles ont donné lieu à une communication aussi complète qu'intéressante faite par mon ami et collaborateur, M. Charton ; ni les différentes phases par lesquelles on a passé pendant la période d'exécution et dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir à deux reprises, appelant chaque fois votre attention sur la rapidité tout à fait exceptionnelle de l'exécution grâce à l'habile et magistrale direction de l'éminent Directeur général des travaux ; je me contenterai de vous indiquer les principes qui nous ont guidés dans les études des détails de construction des ossatures métalliques et les résultats obtenus au point de vue des prix de revient. Mais qu'il me soit permis, avant de commencer cet exposé, de rendre ici un public hommage au dévouement avec lequel mes collaborateurs de tous les degrés m'ont secondé, et de les remercier des relations pleines de cordialité et toutes affectueuses que nous avons entretenues ensemble et qui nous ont si puissamment aidé à mener à bien la part de travail qui nous était attribuée dans la grande œuvre de l'Exposition. C'est grâce au concours si dévoué de mes amis Charton et Pierron et à la bonne et affectueuse collaboration de nos collègues Escande, Orsatti et Eugène Flachat et de jeunes ingénieurs, de nos futurs collègues, tels que MM. Grosclaude, Archambault, Sacquin, Thuasne et autres, que j'ai pu en moins de trois ans étudier, calculer dans tous leurs détails et faire surveiller comme réception et construction un ensemble d'ossatures représentant un poids d'environ 27 000 *t* et comportant onze types de fermes tout à fait différents, puis vérifier, contrôler, rectifier en certains endroits et surveiller comme construction, trois types de dômes et de pavillons représentant un poids de plus de 3 000 *t*, confiés comme études de détails et de résis-

tance à des constructeurs, mais qui tous sont de nos collègues, sont des ingénieurs de premier ordre, tels que MM. Marsaux, Moisant, Moreau et Roussel.

La part faite au Génie civil par M. Alphand, dans l'édification de l'Exposition a donc été grande et belle; qu'il reçoive ici une nouvelle expression de notre gratitude pour le témoignage de confiance qu'il nous a donné dans cette circonstance.

L'étude, la surveillance et la direction font beaucoup dans l'établissement de constructions aussi grandioses, mais l'exécution en est un élément non moins important, et là encore le Génie civil a apporté à cette œuvre un concours tout à fait exclusif, dont nous devons lui être d'autant plus reconnaissant qu'il a été peu fructueux. La grandeur du but à atteindre, le sentiment que nous avions tous de la période de calme et du bien-être que le succès devait procurer à notre chère patrie ont été les plus puissants stimulants du concours si empressé que nous avons rencontré dans toutes les branches de l'industrie, et ces sentiments de dévouement, que le travail et l'amour du pays peuvent seuls surexciter à un si haut degré, nous les avons trouvés développés dans les chefs comme dans les ouvriers, dont nous ne pourrons jamais assez louer le zèle et l'empressement tout à fait exceptionnel à contribuer au succès qu'il fallait à tout prix remporter.

Les noms des puissantes sociétés de Fives-Lille et de Cail si bien représentées dans notre société par MM. Lantrac, Mathelin, Barbet et Bougault resteront intimement liés au succès obtenu, avec ceux des Gouin, Fouquet, Godfernaux, Bodin, Manguin, Marsaux, Petit, Baudet, Donon, Moisant, Rey, d'Eichtal, de Schryver, Moreau, Yvon Flachat, Adhémar Duclos et Driout, tous des nôtres, et dont les établissements nous ont donné un si précieux et si utile concours. Ce concours n'a pas été moins dévoué du côté des forges et fonderies, où pour presser les livraisons des travaux destinés à l'Exposition, on n'a jamais hésité à négliger des commandes presque toujours plus avantageuses. Que les usines du Creusot, de Fourchambault, de Franche-Comté, de MM. Fould-Dupont, les usines de Montataire, les hauts fourneaux de Maubeuge, de la Providence, de Vézin-Aulnoye, de MM. Sirot-Mallez, qui nous ont prêté leur concours empressé et se trouvent toutes représentées dans notre Société, reçoivent ici une nouvelle expression de tous nos remerciements.

J'aborde, enfin, mes chers Collègues, l'exposé des principes qui nous ont guidés dans l'étude des ossatures des palais de l'Exposition.

L'emploi du fer dans les constructions des charpentes date de loin, mais n'a commencé à prendre une certaine extension que depuis l'établissement des chemins de fer et les progrès réalisés dans le laminage du fer.

L'art de la charpente métallique n'existait pas il y a un siècle; on rencontrait d'habiles serruriers, mais on ne connaissait pas le fer laminé ni les procédés employés depuis pour le couper, le percer et l'ajuster dans des conditions économiques. Les combles du Théâtre-Français furent, il est vrai, établis en fer vers cette époque, mais ce fut en fer forgé et la construction en devint si coûteuse que lorsqu'il s'agit, en 1809, de refaire la coupole de la Halle aux Blés, détruite par un incendie,

on se décida à la construire en fonte de fer. Permettez-moi de rappeler à ce propos que les voussoirs en fonte de cette coupole furent fondus dans les établissements du Creuzot situés à Montcenis qui, à cette époque déjà, comptaient parmi les établissements les plus importants du pays.

Le remplacement du bois par le fer s'imposait cependant de plus en plus; le bois, en outre des dangers d'incendie, exige des frais d'entretien considérables et ne se prête pas d'une manière simple et facile à la couverture d'espaces à grandes portées. Et comme la marche en avant de l'humanité est corrélative d'un besoin constant d'accroissement de bien-être dans les masses, de concentration des populations et d'une augmentation considérable dans les dimensions, non seulement des habitations particulières et des rues, mais aussi et surtout des lieux où le public se réunit, on a depuis le commencement de ce siècle eu constamment à se préoccuper des moyens d'augmenter les portées des constructions et de substituer d'une manière économique le fer au bois dans les charpentes.

La première grande transformation que les Ingénieurs ont apportée aux conditions d'établissement des charpentes a été faite par Polonceau dont notre honorable collègue ici présent continue si brillamment les traditions de travail et de progrès dans la grande industrie des chemins de fer. En soutenant les arbalétriers au moyen de bielles en fonte ou fer, il a permis d'augmenter dans une grande proportion la longueur de ces arbalétriers et. par suite, l'ouverture des fermes.

Baltard, en construisant les Halles Centrales, tout en métal, a créé un type nouveau d'architecture qui, lui aussi, a servi de modèle à beaucoup d'édifices du même genre et a été le point de départ de l'établissement d'un grand nombre de halles et marchés, non seulement sur tous les points du territoire, mais aussi à l'étranger.

Mais toutes ces constructions se présentaient dans des conditions d'établissement plus ou moins coûteuses lorsqu'on voulait les appliquer aux grandes portées ; elles exigeaient des travaux de forge et d'ajustage et des façons à faire subir aux pièces de fonte peu compatibles avec la condition d'exécuter vite et à bon marché. La fonte qui se prête parfaitement à la décoration architecturale demande, du fait des modèles, beaucoup de temps pour être fondue et travaillée ; elle exige de grandes précautions dans les coltinages; son emploi doit donc être restreint au strict nécessaire dans les constructions destinées à être élevées rapidement et économiquement.

Les progrès les plus remarquables dans l'établissement des charpentes ont été réalisés dans les constructions de nos Expositions successives de 1855, 1867 et 1878. En 1855 on édifiait sous la direction de Barrault, le premier modèle de ferme en arc métallique à grande portée et l'impression produite par cette nef de près de 50 *m* fut très grande et servit à son tour de point de départ à l'étude de bien des fermes en arc.

En 1867, de nouveaux progrès sont réalisés en simplifiant les profils donnés aux pièces et les assemblages entre ces dernières. La question d'économie dans le prix d'établissement de la construction jouant un grand rôle, on s'attache de plus en plus, dans l'étude des projets, à éviter les pièces de forges et à substituer le fer à la fonte dans la composition de bien des éléments qu'on était habitué à fabriquer avec cette der-

nière matière. Le fer se prête, en effet, bien mieux que la fonte à la construction économique de piliers ou supports rigides de grandes dimensions constituant de véritables coffres destinés à servir d'appuis. Il rend, en outre, les assemblages avec les pièces voisines plus faciles et permet de leur donner à peu de frais une rigidité que l'on n'obtient avec la fonte que moyennant des dispositions compliquées et coûteuses.

Il supporte bien plus facilement les vibrations auxquelles les constructions industrielles sont soumises, surtout lorsqu'elles sont exposées à des vents violents; les pièces en fer sont, de plus, d'une fabrication bien plus rapide et exigent bien moins de précautions dans les transports et montages.

M. Krantz a réalisé ces perfectionnements en très grande partie dans ses fermes de 35 *m* d'ouverture et 25 *m* sous clef, qu'il projeta pour l'Exposition de 1867. Mais en reportant les tirants au-dessus des arcs, il ne s'est pas complètement affranchi de l'emploi de ces organes qui sont coûteux de fabrication et créent des points faibles dans les constructions par les soudures que leur fabrication comporte forcément.

L'Exposition de 1878 réalise un nouveau progrès; notre très regretté collègue et ancien Président, de Dion, établit pour la galerie des Machines des fermes continues en tôle, arquées dans le haut, droites dans le bas et dans la composition desquelles il n'entre plus de tirants. Ces fermes, d'une ouverture de 35,60 *m*, donnent sous clef une hauteur disponible de 22 *m*, et ce n'est pas sans une certaine émotion que j'ai relu l'exposé si clair et si lucide qu'il faisait du haut de ce fauteuil le 5 janvier 1877 de la méthode nouvelle qu'il avait imaginée pour en calculer les dimensions. M. de Dion laissera parmi nous le souvenir de l'un des Ingénieurs qui ont le plus honoré notre profession, et permettez-moi, à ce propos, de rappeler l'extrait suivant de son discours expliquant les développements dans lesquels il entrait, et que je ne puis que m'approprier pour justifier les détails que je crois devoir vous donner à mon tour :

« Si j'ai cru pouvoir vous entretenir, peut-être trop longuement, d'un » sujet spécial, dit-il, c'est que la Société des Ingénieurs civils a joué » dans cette question un rôle considérable qu'il importe de ne pas laisser dans l'oubli. Comme c'est à des Ingénieurs civils, nos collègues » et nos maîtres, qu'appartient l'initiative de l'application sur une » grande échelle du fer dans les constructions, c'est devant vous que » les études théoriques auxquelles ces travaux ont donné lieu, ont été » exposées tout d'abord avec le plus de soins et de détails. »

Les types de construction imaginés par *de Dion* étaient légers, faciles de fabrication et d'un aspect satisfaisant; aussi ont-ils été imités depuis dans un très grand nombre de circonstances. Si nous ne l'avons pas fait, c'est que les données du problème que nous avions à résoudre étaient aussi exceptionnelles que l'époque dont on se proposait de fêter le centenaire et ne s'harmonisaient pas avec les solutions adoptées par notre prédécesseur.

Pour élever, en effet, à la mémoire de nos pères un monument digne en tous points du souvenir qu'il s'agissait de fêter, on avait, comme nous l'avons déjà dit, projeté des palais présentant des dimensions dépassant

tout ce qui avait été fait jusqu'à présent, et il s'agissait, pour nous autres ingénieurs, d'étudier et faire exécuter leurs ossatures dans un temps relativement faible, et avec des ressources données *a priori* et qu'on désirait beaucoup ne pas augmenter. Quelques chiffres sont nécessaires pour bien faire ressortir ces différences (1).

Tandis que le cube des bâtiments de l'Exposition de 1878, ayant leurs similaires dans celle de 1889, ne dépasse pas un volume de 2 913 700 m^3 pour une surface couverte par ces bâtiments de 225 075 m superficiels, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 12,95 m en nombre rond, le cube des trois groupes de palais correspondants construits en 1889 a dépassé 4 378 000 m^3 pour une surface totale couverte de 213 397 m superficiels, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 20,50 m. Et comme les fermes de 1889 ne devaient, pas plus que celles de 1878, être supportées par des appuis en maçonnerie, il y avait là un sujet de recherches d'autant plus intéressantes à faire que les squelettes de ces différents palais, composés tout en fer et fonte, devaient supporter l'action de charges accidentelles plus considérables que celles admises en 1878. La dépense, en 1878, s'était élevée à une somme de 13 092 000 f pour un tonnage fourni de 27 870 t, ce qui, par tonne, répondait à une dépense moyenne de 47 f par cent kilogrammes, un poids au mètre carré couvert de 123 k et un poids moyen au mètre cube abrité de 9,56 kg de fontes et ferrures; on ne voulait pas dépasser, en 1889, pour le métal, une somme beaucoup plus forte.

Les portées et hauteurs des fermes de 1878 répondaient à sept types, définis par des portées de 35 m, 25 m, 15 m, 12 m, 7 m et 5m, et caractérisés par des hauteurs sous clef de 22 m, 12,50 m et 7 m.

En 1889, nous avons eu à étudier la composition de 11 fermes de 114 m, 51 m, 30 m, 25 m et 15 m, avec des hauteurs sous clef de 45 m. 28,20 m, 23,47 m et 13,20 m pour les fermes de 25 m.

Pour aller vite, procéder sûrement à une répartition rationnelle de la matière, pouvoir répondre de la stabilité de la construction et obtenir des prix avantageux, il fallait imaginer des dispositions ne comportant que des calculs simples, n'admettre que des hypothèses dont la réalisation fût assurée, composer les éléments de la construction avec des fers de qualité courante, ne subissant que le minimum possible de main-d'œuvre, et, surtout, n'ayant pas à supporter un mode de travail incompatible avec leur qualité physique, et n'adopter enfin, dans le travail des fers, que des façons dont la bonne exécution pût être facilement vérifiée.

Les hypothèses simples sont les seules dont la réalisation soit assurée et auxquelles répondent des profils de fermes toujours satisfaisants au point de vue de l'aspect parce qu'elles conduisent à des formes dont on comprend la raison d'être. C'est pour cette raison que nous n'avons admis, dans nos études, que ce genre d'hypothèses.

Au point de vue de la construction, nous avons considéré que la suppression des tirants s'imposait sons le double rapport de l'économie et de la sécurité. Lorsque les tirants sont fabriqués en fer rond, il faut, en effet, pour les assembler aux arbalétriers, des chapes, des parties file-

(1) Les chiffres indiqués dans le procès-verbal provisoire du 3 janvier n'étant pas définitifs, ceux du présent mémoire doivent être seuls considérés comme bons.

tées, des écrous, boulons et autres organes qui, en plus de façons coûteuses, forcent à composer les tirants de morceaux soudés l'un à l'autre, ce qui crée des chances d'acctdents pour chacune de ces soudures, qui peut venir à manquer à un moment donné. La présence des tirants diminue l'importance des dimensions à donner aux appuis, mais il est facile de démontrer qu'à partir d'une certaine portée, l'économie est tout entière dans le renforcement des appuis. Cette suppression permet de plus de dégager les parties hautes de la ferme de tout obstacle créé à la vue et prête à des motifs de décoration qu'on est souvent bien aise de se réserver. Nous nous sommes attachés, en outre, à composer nos poutres de manière à n'avoir à faire subir aux pièces aucune inflexion ou travail quelconque de forge ; cette manière de procéder force à interposer des fourrures dans les vides laissés entre les pièces placées les unes sur les autres, mais l'accroissement de poids qui en résulte est largement compensé par la diminution du prix unitaire de la matière du fait de la main-d'œuvre.

Nous étant trouvés, dans les projets de fermes à grandes portées que nous avions à étudier, en présence de profils incompatibles avec les hypothèses faites dans l'établissement des formules sur les poutres courbes, sur la continuité dans les sections et sur les rapports plus ou moins grands qu'il faut conserver entre leurs épaisseurs et les rayons de courbure de la fibre moyenne, nous n'avons pas fait usage dans nos calculs de ces formules, et nous avons été d'autant plus engagés à procéder ainsi que nous ne pouvions pas compter davantage sur une fixité absolue des supports sur lesquels on appuyait les constructions, et cela, à cause des nombreux remaniements que le sol du Champ-de-Mars a subis dans ce siècle. Pour ne pas avoir à appliquer les formules sur les poutres courbes, dans le calcul de nos fermes, nous avons substitué aux poutres continues, formant généralement la ferme, un système constitué simplement par deux volées de grues articulées à leur pied et venant buter l'une contre l'autre par l'intermédiaire d'une troisième articulation. Cette disposilion, qui a l'avantage de rendre le calcul des efforts dans chaque section extrêmement simple, facile et rapide, permet de procéder à une répartition rationnelle et sûre de la matière; elle présente en outre le très grand avantage de ne pas correspondre à une augmentation sensible des fatigues molécnlaires dans les pièces de l'ossature, lorsqu'une dénivellation légère se produit dans les appuis, ou qu'il survient une modification dans la température du milieu renfermant la construction. Elle exige, par contre, quelques compléments dans les contreventements; mais ces précautions sont peu de chose à côté de l'économie qu'on peut réaliser par suite d'une répartition rationnelle et absolument sûre de la matière.

C'est en nous conformant à ces principes que nous avons étudié les détails de construction des fermes de 115 *m* et de 51 *m*. Un malentendu dans la construction des fondations des fermes de 51 *m*, qui se sont trouvées établies avant l'étude de l'ossature métallique et insuffisantes pour résister à la poussée des fermes, a conduit à réunir les pieds de ces dernières par un tirant placé sous le sol. Mais ce tirant aurait pu être supprimé très facilement moyennant une faible transformation dans les fondations, si cette transformation avait été encore possible.

Les fermes de 25 *m* et celles de 30 *m* aboutissant à la galerie des Machines ont été étudiées en s'imposant la condition de faire simplement reposer sur leurs appuis le système constituant les deux rampants de la ferme. Cette hypothèse amène à renforcer les dimensions de la ferme longitudinale dans la section milieu qui se trouve être alors la plus fatiguée, mais elle n'est pas incompatible, loin de là, avec un effet architectural agréable et permet de dégager toute la partie haute de l'espace abrité par la ferme; les spécimens construits dans le Champ-de-Mars montrent qu'au point de vue de l'aspect, ce type de construction peut donner toute satisfaction. Il conduit, pour la ferme proprement dite, à un excédent de poids sur la disposition avec tirants et contrefiches, mais le prix unitaire de la pièce ainsi constituée est moindre, et l'absence des soucis sur la rupture possible des soudures ajoute à ce système un avantage qui n'est pas à dédaigner.

Le peu de temps dont on disposait pour l'étude et l'exécution des nombreuses et importantes charpentes métalliques qui devaient être édifiées dans le Champ-de-Mars faisait de cette simplicité dans les hypothèses et dans le mode de construction une nécessité de premier ordre. Les résultats obtenus ont été on ne peut plus satisfaisants, et les types produits, à la hauteur du but à atteindre sous le double rapport de l'aspect et de la solidité, tellement il est vrai que tout ce qui accuse la vérité et essaye de réaliser la stabilité par les procédés les plus simples conduit forcément au beau et au rationnel.

Les chiffres qui suivent montrent combien, tout en assurant une parfaite stabilité aux constructions, les solutions adoptées ont justifié nos prévisions économiques, en même temps qu'elles donnaient satisfaction aux exigences architecturales et artistiques.

Le palais des Machines couvre un espace totale de 62 013 m^2 et comporte une surface de 17 235 m^2 de planchers de galeries. Son ossature métallique a exigé la fourniture et la mise en place d'un poids de 12 765 795 *kg* de fontes et ferrures ayant coûté 5 443 208 *f* en nombre rond; le poids au mètre carré couvert est donc revenu à 208 *kg* et comme le volume abrité par ce palais représente 2 019 000 m^3, le poids du métal par mètre cube abrité représente 6,32 *kg*.

Mais il y a lieu de remarquer que le poids des verrières est considérable et que celui des galeries latérales, avec un étage, dont le plancher a été calculé pour supporter 500 *kg* par mètre carré, est lui-même très grand. Si on ne considère que *la grande nef constituée* par ses fermes et toute son ossature, on trouve un poids de 7 713 832 *kg* répondant pour une surface couverte de 48 119 m^2 à un poids par mètre carré de :

160,30 *kg*

et pour un volume abrité de 1 738 688 m^3 à un poids par mètre cube de :

4,40 *kg*.

Le prix moyen de la construction s'étant élevé à 42 centimes 4 le kilogramme, le prix du mètre couvert de la nef centrale ne ressort qu'à :

67 *f*.

En 1878, la galerie des machines couvrait 45 924 m^2 et abritait un volume de 904 702 m^3; elle comportait un poids de 7 600 *t* de fontes et

ferrures ayant coûté 4 210 000 *f*, soit 55,40 *f* par kilogramme ; elle est donc revenue à :

165 *kg* par mètre courant coûtant 91,40 *f* et à 8,40 *kg* par mètre cube abrité.

Les conditions de résistance étant établies dans l'hypothèse d'une surcharge de neige de 50 *kg* par mètre carré de couverture ou d'un vent de 120 *kg* par mètre carré de section normale à sa direction, on reconnait, à l'examen de ces chiffres combien la répartition des matières a dû être rationnelle et le mode de construction adopté facile d'exécution, pour que toute compensation faite, l'avantage reste acquis au palais de 1889. Le progrès en avant qu'on se proposait de réaliser l'a donc été, et il a été obtenu en témoignant simplement une confiance de plus en plus grande aux vérités éternelles enseignées par la science.

Les palais abritant les industries diverses couvrent une surface de 106 284 m^2 dont 2 800 comportent des caves. Le poids total du métal entrant dans la construction de ces ossatures représente 9 357 140 *kg* ayant coûté en moyenne 33 *f* les 100 *kg*. Le volume total abrité par ces bâtiments étant de 1 328 990 m^3, il résulte de ces chiffres qu'à chaque mètre carré de ces palais répond une moyenne de 88 *kg* de métal représentant une somme de 29,79 *f* et qu'à chaque mètre cube abrité répond un poids de 7,04 *kg*.

Si de ces chiffres on défalque le dôme central dont la construction représente un poids de 1 046 406 *kg* pour une surface avec ses annexes de 1 794 m^2, soit de 572 *kg* par mètre carré couvert et un poids de 17,56 *kg* par mètre cube abrité, puis les pavillons d'angles auxquels répondent un poids au mètre carré couvert de 1 002 à 1 142 *kg* et des poids au mètre cube abrité de 47 et 50 *kg* on ne trouve plus que :

162 kg au mètre carré couvert et 7,15 *kg* au mètre cube abrité par la galerie de 30 *m* conduisant au palais des Machines et dont la hauteur moyenne est de 22,60 *m* ;

110 kg au mètre carré couvert et 6,70 *kg* au mètre cube abrité pour les galeries de 15 *m* à fermes circulaires dont la hauteur moyenne est de 16,40 *m* ;

72 kg au mètre carré couvert et 6,40 *kg* au mètre cube abrité pour les fermes de 25 *m* auxquelles répond une hauteur moyenne de 11,25 *m* ;

Et moins de 60 kg au mètre carré couvert pour les fermes de 15 *m* à 2 rampants.

En 1878, les industries diverses recouvraient 145 078 *m* et abritaient un volume de 1 399 818 m^3 ; elles ont comporté la mise en œuvre de 13 832 *t* de fontes et ferrures ayant coûté 5 172 000 *f* soit 37,4 *f* le kilogramme.

A ces chiffres répondent un poids moyen au mètre carré couvert de 96 *kg* et un poids au mètre cube abrité de 9,88 *kg*. Il y a lieu de remarquer en outre que la presque totalité de la surface de cette partie du palais se trouvait sur des caves recouvertes d'un plancher en fer.

Mais il n'en est pas moins vrai que si l'on rappelle que la hauteur moyenne de ces constructions n'a pas dépassé 9.6 *m*, tandis que celle des nos industries diverses est de 12,50 *m* et comporte des parties extrêmement lourdes, on reconnait que là encore les principes appliqués sont tout en faveur de 1889.

Les palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, enfin, recouvrent une surface totale de 45 100 m^2 superficiels comportant 21 212 m^2 de planchers pour les galeries du premier étage, devant pouvoir supporter 500 *kg* par mètre carré et 1 600 *m* de caves recouvertes également de planchers calculés pour les mêmes charges.

La hauteur moyenne des constructions de ces palais est de 22,85 *m* et le cube abrité, en y comprenant les Dômes, de 1 030 583 m^3. Ils ont coûté, du fait du métal, environ 3 581 699 *f*, soit en moyenne 0,39 *f* par kilogramme.

Le poids des Dômes et de leurs annexes est de 2 179 794 *kg*, ce qui répond pour les 8 784 mètres carrés couverts à un poids par mètre de 248,26 *kg* et un poids par mètre cube abrité de 11,74 *kg*.

Le poids des salles et galeries est de 6 939 551 *kg*, ce qui, pour une surface de 36 320 *m*, représente un poids au mètre carré couvert de 191 *kg*, et un poids par mètre cube abrité de 8,2 *kg*. Ce genre de construction se trouve donc caractérisé par un poids moyen au mètre carré, compris les dômes, de 202 *kg* et un poids par mètre cube abrité de 8,85 *kg*. Le mètre carré couvert ne revient, du fait du métal, qu'à 78,87 *f*.

Aucune construction similaire n'ayant été élevée dans l'enceinte du Champ-de-Mars au moment de l'Exposition de 1878, nous ne pouvons que faire remarquer combien ces chiffres, eu égard à la hauteur moyenne considérable de ces constructions et à l'importance qu'y jouent les planchers et les dômes, se trouvent relativement faibles. Les pavillons des Beaux-Arts n'avaient en 1878 qu'une hauteur moyenne de 10 *m*, il n'y a donc pas, comme nous le disions, de comparaison à établir avec eux.

En résumé, il résulte de ces chiffres que les bâtiments qui ressortaient du service des constructions métalliques ont représenté un poids total de 31 242 280 *t* en nombre rond, recouvrant une surface de 213 397 m^2 et abritant un volume total de 4 378 759 m^3, ce qui répond à une hauteur moyenne de 20,50 *m*. Ils coûteront 12 151 218 *f* du fait du métal, c'est-à-dire qu'ils ne reviendront pas à beaucoup plus de 0,38 *f* comme prix moyen des fontes et ferrures mises en place.

Le poids moyen du mètre carré couvert de l'ensemble de ces constructions aura donc été de 146 *kg* et son prix de 56,92 *f*. Le poids du mètre cube moyen abrité ne se sera élevé qu'à 7,13 *kg*.

En 1878 on a employé, comme nous l'avons déjà dit, pour la construction des bâtiments similaires recouvrant une surface de 225 075 *m*, et cubant 2 913 694 *m*, ce qui répond, à une hauteur moyenne de 12,94 *m*, au poids de 27 870 *t* ayant coûté 13 092 000 *f*, soit 47 *f* en moyenne. Le poids moyen du mètre carré couvert a donc été de 123 *kg* et le prix de 58,20 *f*. Quant au poids du mètre cube abrité, il a été de 9,56 *kg*.

L'avantage reste donc bien acquis à l'Exposition de 1889.

Nous avons essayé, en apportant notre modeste concours à l'homme éminent auquel incombait la belle mais redoutable mission de construire notre magistrale Exposition, de répondre de notre mieux au témoignage de confiance qu'il donnait ainsi au Génie civil. La responsabilité à encourir était grande, car les souvenirs de 1878 étaient là encore tout vivants; notre Société n'avait pas seulement contribué comme toujours à cette époque au succès même de l'Exposition, elle y avait été de plus

très brillamment représentée par notre excellent collègue M. Bourdais et notre ancien Président de Dion dans le haut état-major chargé de la construire. Il fallait maintenir notre bonne renommée et, si possible, contribuer à l'accroître.

Grâce au concours de nos amis et collaborateurs et à celui de tous ceux d'entre vous qui, ayant été appelés à participer à nos travaux, se sont laissé entraîner, par la grandeur du but à atteindre, à nous aider non plus en entrepreneurs mais en amis, nous avons atteint le but assigné à nos efforts : nous sommes arrivés dans les délais prescrits et n'avons pas dépassé les crédits alloués, tout en aidant à réaliser des constructions marquant une nouvelle étape en avant.

Le succès très grand remporté par le Génie civil dans l'édification de cette œuvre, il le doit uniquement au travail. C'est le travail qui fait notre force et c'est le travail qui nous donne les plus belles récompenses que nous puissions ambitionner, en nous faisant éprouver le sentiment de très grande fierté du devoir accompli et la douce satisfaction de gagner l'estime et l'amitié de nos amis. Encourageons et honorons donc le travail, car c'est lui qui nous procure les moyens les plus sûrs de rendre heureux ceux qui nous entourent et qui permet à chacun de nous de contribuer dans la mesure de ses forces et de ses moyens à la grandeur et à la prospérité de la patrie. *(Bravo ! Bravo ! applaudissements prolongés.)*

Pour se conformer à l'ordre du jour, M. le Président demande s'il n'y a pas d'observations sur les procès-verbaux des séances des 6 et 20 décembre dernier.

Aucune observation n'étant présentée, les procès-verbaux sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société que, depuis sa dernière réunion, elle a perdu cinq de ses membres : MM. Adolphe Meyer, L.-S. Chameroy, A. Proveux, V. E. Gaupillat et E. Biver, ayant occupé en France et à l'étranger des positions importantes.

Des notices spéciales, retraçant la vie si bien remplie de ces collègues, seront publiées dans nos bulletins, mais, en attendant, M. le Président demande à dire quelques mots sur l'un d'entre eux qui nous était tout particulièrement sympathique.

E. Biver était, vous le savez, un des membres de la Société qui lui faisaient le plus d'honneur; il attachait une très grande importance à l'estime qu'elle avait pour lui. M. Biver dirigeait une exploitation de houilles et de lignites dans le Midi, et, malgré son état de maladie, il a voulu continuer à surveiller les travaux commencés et en faire les honneurs à une Commission qui était venue examiner certains points particuliers. C'est dans la visite d'un tunnel en percement qu'il a contracté le mal qui l'a emporté en quelques jours. M. Biver, dont la famille a de nombreux représentants dans notre Société, et qui comptait parmi nous beaucoup d'amis, laissera de vifs regrets derrière lui, et je suis certainement l'interprète de tous ceux qui l'ont connu, en adressant à sa famille nos plus affectueuses condoléances. *(Approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT est heureux de pouvoir annoncer la nomination de M. Eugène Pereire au grade de commandeur dans l'ordre de la Légion d'honneur.

La puissante et patriotique influence que depuis de longues années il exerce sur les questions de navigation à vapeur et les services qu'il a rendus à l'industrie et, en particulier, à celle du gaz, nous rendent cette nomination tout particulièrement sympathique.

La Compagnie Transatlantique, qu'il a tant aidé à créer, est l'une de celles qui font le plus respecter et aimer notre pavillon et l'une de celles qui fait le plus d'honneur aux Ingénieurs français qui en ont étudié et dirigé la construction. Nous ne pouvons donc qu'applaudir à la distinction si méritée accordée à son honorable Président.

Ce n'est pas sans un moindre plaisir qu'il annonce la nomination de l'un de nos grands industriels, M. E. Cauvin, au grade d'officier de la Légion d'honneur.

Et celles au grade d'*Officiers d'académie :*

De MM. O. Bocandé, L. Cahen-Strauss, A. Liébaut, P.-A. Mallet, A. Hardon, V.-E. Ferrand, F. Bauer.

Au grade de *Chevalier de l'ordre de Léopold* (Belgique) :

De M. B. Yrazusta.

Puis comme *Membres du Comité consultatif des chemins de fer pour 1890-91 :*

De MM. Ch.-F. Dietz-Monnin, A.-L.-J. Guillotin, A. Gottschalk, E. Level, F. Michau, A.-F. Poirrier, Ch. Prevet, F. Reymond, Th. Villard.

Et comme *Membres de la Commission supérieure des expositions internationales :*

De MM. G. Berger, Ch.-F. Dietz-Monnin, A.-L.-J. Guillotin, Ch. Prevet, A.-F. Poirrier.

Les noms de ces derniers collègues nous sont particulièrement chers : plus que personne ils aident au prestige et à la bonne renommée de notre Société; nous ne pouvons donc qu'applaudir à ce témoignage public rendu à leur caractère ainsi qu'à leur valeur professionnelle.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'informer la Société que l'exemple donné par plusieurs de nos collègues a été suivi, et qu'à ceux qui ont déjà abandonné à la Société les bons souscrits par eux à l'emprunt de 75 000 *f* il faut ajouter aujourd'hui :

M. G. Eiffel, qui fait abandon de 20 bons; M. P. Jousselin qui en abandonne 9; M. H. Bévan de Massy, 4; M. L. Clémandot, 2; M. A. Carcuac, 1.

Au nom de la Société, M. LE PRÉSIDENT adresse à chacun de ces généreux collègues ses vifs remerciements.

Il est donné ensuite lecture d'une lettre par laquelle M. S. PÉRISSÉ annonce sa nomination, en remplacement de notre regretté ancien Président, Émile Muller, comme président de l'*Association des Industriels de France contre les accidents du travail;* M. Périssé ajoute :

« Vous savez que le but de cette Association est de prévenir les acci-
» dents qui peuvent frapper les ouvriers dans leur travail en recherchant

» les moyens les plus efficaces de préservation et en les faisant adopter » par les industriels dans l'intérêt de tous. Les adhérents vont sans » cesse en augmentant, tant à Paris que dans les départements.

» J'aime à penser que le caractère humanitaire, et d'utilité publique » de cette Association d'initiative privée, vous amènera à communiquer » cette lettre à notre Société. »

M. le Président donne connaissance d'une lettre de M. de Coëne qui dépose à la Bibliothèque l'importante « Monographie du régime hydraulique de la Seine maritime », par M. Belleville, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il est donné ensuite lecture d'une lettre par laquelle les Ingénieurs Portugais remercient chaleureusement la Société de l'accueil qui leur a été fait à Paris, à l'occasion de l'Exposition.

M. le Président dépose sur le bureau une très belle médaille commémorative de la participation du Mexique à l'Exposition de 1889, qui est offerte à la Société, par la Commission mexicaine ; il adresse les remerciements de la Société à la Commission au sujet de ce précieux témoignage de la sympathie qui unit les Ingénieurs des deux pays.

Rien n'étant plus à l'ordre du jour,

La séance est levée à dix heures un quart.

Séance du 17 janvier 1890.

Présidence de M. V. Contamin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal du 3 janvier est adopté.

M. le Président constate avec regrets que la mort continue à éclaircir nos rangs ; elle nous a enlevé depuis notre dernière réunion quatre nouveaux collègues :

M. G. Hirn, le savant professeur, dont nous avons à bien des reprises admiré et étudié les beaux travaux sur la chaleur, est mort cette semaine à Colmar ; notre collègue, M. Grosseteste, a bien voulu se charger de représenter la Société à ses obsèques et de lui adresser en notre nom un dernier adieu ; nous publierons son discours dans notre Bulletin et le remercions au nom de la Société d'avoir bien voulu être l'interprète de nos sentiments dans cette triste circonstance.

M. Antoine Durenne, qui a tant aidé aux progrès réalisés dans la grande industrie de la chaudronnerie dont il peut être considéré comme l'un des fondateurs, vient, lui aussi, d'être enlevé à l'affection de sa famille et de ses fils dont l'un, le grand constructeur, si honorablement connu et si estimé, est l'un de nos collègues. Qu'il reçoive ici l'expression de la très grande part que nous prenons à sa douleur.

M. Gotendorf, si dévoué aux intérêts de notre Société, et qui nous a prêté un concours tant apprécié pendant la réception des Ingénieurs étrangers, est mort il y a quelques jours, et c'est de tout cœur que nous nous associons aux regrets que la perte de cet homme de bien et de cet ingénieur distingué cause à sa famille.

M. M. Gerest, un de nos plus jeunes collègues, vient d'être enlevé à l'affection des siens. Il avait devant lui un avenir qu'il espérait rendre brillant ; la mort vient de le briser.

Elle vient d'éprouver bien cruellement enfin l'un de nos collègues les plus estimés par sa haute valeur professionnelle et la noblesse de son caractère ; que M. E. Polonceau reçoive ici l'expression de nos condoléances les plus respectueuses et les plus affectueuses.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de pouvoir annoncer les nominations suivantes :

Au grade de *chevalier de la Légion d'honneur*, MM. A. Delaperrière, Ernest Paul et Jules Japy ;

Au grade de *chevalier du Mérite agricole*, M. Alfred Duboul ;

Au grade d'*officier d'Académie*, M. Francis Fabre ;

Et au grade de *commandeur du Nicham Iftikhar*, M. Alfred Berthon ;

Puis comme membre du *Comité permanent du Congrès des Accidents du Travail*, à titre de représentant de la Société des Ingénieurs civils, M. Francisque Reymond, notre ancien Président.

M. LE PRÉSIDENT constate que les abandons faits à la Société des bons souscrits à l'emprunt de 75 000 francs se multiplient, et il adresse ses vifs remerciements à MM. H. Mathieu, qui abandonne 5 bons ; à M. Ch. Lucas, qui en abandonne 4 ; M. J. Fleury, 2 ; M. Chauvel, 2 ; M. Lalance, 1.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau les ouvrages reçus depuis la précédente séance et dont la liste figure plus loin.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. Boudenoot pour sa communication sur *les Travaux du Congrès International de Mécanique appliquée*.

M. L. BOUDENOOT, au nom du Bureau du Congrès dépose les *procès-verbaux sommaires du Congrès de Mécanique appliquée*, publiés par les soins de M. A. Tresca, secrétaire du Congrès. Il annonce, d'ailleurs, qu'une publication plus étendue, comprenant les comptes rendus des séances, et le texte des Conférences et communications est en préparation. Il insiste sur le nombre considérable de membres de la Société qui ont pris part à des titres divers à la préparation et aux travaux du Congrès (dix-neuf membres du Comité sur vingt-huit, six membres du bureau sur sept dont les trois Vice-Présidents, MM. Gottschalk, Farcot et Polonceau et les trois Secrétaires, MM. A. Tresca, de Nansouty et Boudenoot).

Divisé en *trois sections*, le Congrès a tenu sept séances générales ; et chaque section s'est réunie également presque tous les jours.

La *première section* était appelée à s'occuper spécialement de la *machine à vapeur* :

1° De ses progrès depuis 1878 (Rapport de M. E. Polonceau) ;

2° Plus particulièrement des machines à détente dans plusieurs cylindres successifs (Rapport de M. Mallet) ;

3° Et, à un point de vue plus théorique, de l'unification du cheval-vapeur (Rapport de M. A. Tresca) ;

La *seconde section*, des *chaudières à vapeur* et des méthodes d'essais appliquées aux matériaux employés à la construction des machines et des chaudières.

La *troisième section* avait un champ plus vaste encore ; elle était désignée pour s'occuper des machines thermiques autres que celles à vapeur, des machines produisant le froid et de leurs applications ; et enfin des transmissions à distance et distributions du travail par les procédés autres que l'électricité.

M. Boudenoot, prenant successivement les séances de chaque section, puis les séances générales, résume les nombreuses communications et discussions qui ont occupé chacune des journées.

Il insiste plus spécialement sur ceux des sujets qui ont été l'objet de votes.

Après la discussions de deux communications de MM. Phillips et Cornut, relatives *aux essais de matériaux*, le Congrès à émis les deux vœux suivants :

I. — Les membres du Congrès de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le Gouvernement français prenne, auprès des Gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essai.

II. — Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du Gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

Allant plus loin encore, et frappé des incertitudes qui règnent sur la théorie, et même sur les résultats comparatifs réels des machines à froid, le Congrès a émis le troisième vœu suivant :

III. — Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

Le manque de précision des expressions employées en mécanique avait vivement frappé plusieurs membres du Congrès, M. Boudenoot rappelle à ce sujet les observations qu'il avait cru devoir présenter dans son

rapport sur la transmission de la force, et que M. Tresca avait exposées dans son rapport sur l'unification du cheval-vapeur ; et il explique ainsi comment les membres du Congrès ont été amenés, après discussion, à présenter les vœux nos 4, 5 et 6 qui suivent :

IV. — Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal ».

V. — Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.

VI. — Les membres du Congrès international de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. — Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscrit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2. — Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3. — Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

4. — En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité le *kilogramme* défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le *kilogrammètre*.

La *puissance* a deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de 75 kilogrammètres par seconde, et le *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde.

5. — L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité : on l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. — On se rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

M. Boudenoot, en finissant, invite nos collègues à se reporter au travail qu'il dépose sur le bureau, pour être inséré aux comptes rendus, s'ils désirent suivre en détail ces intéresantes discussions qui ont définitivement éclairé certains points et qui ont précisé bien des questions dont la solution s'impose. *(Applaudissements.)*

M. le PRÉSIDENT dit que les applaudissements qui viennent d'accueillir la communication de M. Boudenoot sont un témoignage éclatant du plaisir avec lequel il a été écouté et de l'attention apportée à suivre les développement dans lesquels il est entré. La Société le remercie de son compte rendu si complet, si bien coordonné, et résumant si élégamment les travaux du Congrès international de Mécanique appliquée; il sera publié dans notre Bulletin et consulté utilement par beaucoup d'entre nous.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. A. Barre, pour sa communication sur le *Chemin de fer glissant.*

M. A. BARRE. — Messieurs, j'aurai l'honneur de vous entretenir quelques instants du *chemin de fer glissant à propulsion hydraulique*, de Louis-Dominique Girard.

Je ne reprendrai pas en détail la description de toutes les parties de ce système que vous connaissez tous et que la plupart des journaux ont bien voulu publier. Je me bornerai à rappeler les deux principes sur lesquels est basée l'invention : le *glissement* et la *propulsion hydraulique.*

NOTIONS GÉNÉRALES

Dans le chemin de fer de Girard, les véhicules sont supportés par des *patins* rectangulaires remplaçant les roues des wagons ordinaires et qui reposent sur des rails de même largeur. Pendant la marche, une mince couche d'eau sous pression est interposée entre ces patins et les rails et détruit ainsi toute espèce de point de contact entre eux. La résistance de traction est réduite alors à son minimum et ne dépasse pas 1 *kg* par tonne.

Tous les véhicules du train, étant ainsi soulevés, sont poussés en avant par des colonnes d'eau horizontales sous pression s'échappant d'ajutages fixes placés sur la voie de distance en distance et qui agissent sur une turbine rectiligne placée sous les wagons dans l'axe de la voie et d'une extrémité du train à l'autre.

C'est le premier wagon qui ouvre les ajutages appelés *propulseurs*, et c'est le dernier qui les referme, de telle façon que cette action de poussée ne s'exerce que pendant le passage du train au-dessus des propulseurs.

Ces derniers sont branchés sur une conduite qui règne tout le long de la voie et qui est alimentée par des chutes d'eau naturelles ou par des machines fixes et des pompes placées à des intervalles plus ou moins rapprochés suivant le profil en long de la voie.

L'eau nécessaire pour entretenir le glissement des patins sur les rails est fournie par la conduite-maîtresse, de deux façons différentes suivant les cas :

1° Quand il s'agit d'un chemin de fer à petit parcours, d'un chemin de fer de ville, par exemple, dont les stations ne sont pas éloignées de

plus de 1 à 1,1/2 *km* les unes des autres, un tender spécial alimenté par des grues de chargement fournit l'eau sous pression d'air nécessaire au glissement.

2° Quand il s'agit, au contraire, d'un chemin de fer à grand parcours, l'eau de glissement est embarquée en vitesse et s'emmagasine automatiquement dans des réservoirs spéciaux placés sous les voitures.

Telle est dans ses grandes lignes la description théorique du système de Girard, dont je rappellerai également l'économie en quelques mots.

Les wagons glissants sont très légers, comparés aux wagons roulants ordinaires, parce que les pièces métalliques qui entrent dans leur constitution sont beaucoup moins lourdes que celles des wagons à roues, et que n'ayant à supporter ni trépidations, ni mouvements de lacets, ni chocs, les caisses sont également d'un poids très réduit.

D'un autre côté, un train glissant ne comporte pas de poids inutile comparable à celui des locomotives et de leurs tenders.

En résumé, pour transporter un poids utile donné, le système glissant demande seulement un poids mort qui n'est que le tiers environ de celui qu'exige le système à roues.

Si, d'autre part, on ajoute à cet avantage celui qui résulte de la faible résistance au glissement, on comprend que la traction des trains glissants présente une grande économie, en palier, sur celle des trains roulants.

En admettant qu'on utilise l'eau ayant déjà servi à la propulsion pour l'alimentation des patins, ce qui me semble possible, on arriverait à réaliser sur cette traction une économie d'environ 90 0/0. En employant, pour cette alimentation, l'eau de la conduite-maîtresse qui est à 10 *kg* de pression, l'économie réalisée est encore de 66 0/0 environ.

Enfin, à cette économie, il convient d'ajouter toutes celles résultant de l'entretien des roues, des fusées, des boîtes à graisse, des tampons de chocs, des ressorts de traction, du graissage, etc., ainsi que de l'entretien et de la réparation des machines motrices, dont l'ensemble constitue un tantième très important.

Chemin glissant de l'Exposition

Nous allons maintenant examiner les points les plus saillants des organes de la voie glissante qui a fonctionné pendant quatre mois à l'esplanade des Invalides. Nous verrons ensuite les observations expérimentales qu'on a pu relever sur cette petite ligne ; puis, nous arriverons à la discussion sur le fonctionnement du système; enfin, je terminerai en disant quelques mots des applications poursuivies et en cours d'exécution.

Disposition des patins

Les patins du chemin de fer glissant de l'Exposition étaient disposés de façon à ce que le point d'appui des tiges de suspension descendit bien en dessous du plan passant par le centre de poussée.

A cet effet, chacune des tiges pénétrait dans son patin et venait reposer au fond d'une douille rentrante dont la partie inférieure affleurait le rail et qui laissait à sa partie supérieure un jeu suffisant pour permettre au

patin d'osciller dans tous les sens autour de la tige. On avait ainsi un patin d'une stabilité complète, absolue, qui était toujours en équilibre parfait et qui pouvait obéir à tous les dévers possibles du rail sur lequel il était maintenu par quatre pattes en acier coulé situées deux en avant et deux en arrière du patin. Notre service de va-et-vient permettait cette disposition de guidage qui doit disparaître dans les applications industrielles, ainsi que nous allons le voir en parlant du rail. Ces patins nous ont fourni un service parfait.

Consommation d'eau des patins

1° Expériences préliminaires.

Le 23 novembre 1888, j'ai fait à Senlis, chez M. Gandillon, constructeur, des expériences sur un patin isolé et porté par un rail placé sur deux tréteaux. Le rail était aussi horizontal que possible.

Dans la première expérience, le patin, qui avait 440 *mm* de longueur sur 220 *mm* de largeur, portait un poids de 1 060 *kg*, y compris son propre poids et celui du plateau supportant la charge. La pression dans le réservoir à air comprimé qui servait à l'essai a varié de 3 *kg* à 2 *kg*, mais la pression sous le patin, accusée par un manomètre sensible, est restée invariable et était de 1,800 *kg*.

Cela indique que la surface active du patin n'est ni la surface libre intérieure, ni la surface totale, et qu'elle est une surface intermédiaire entre les deux, ayant une valeur de 588 cm^2 qui correspond à un rectangle de 378 *mm* par 158 *mm* : puisque $588 \times 1{,}8 = 1\,060$ *kg*, charge portée par le patin.

Ce rectangle présente un périmètre parallèle au contour extérieur du patin et à 31 *mm* de ce dernier. Ce périmètre multiplié par la hauteur de soulèvement du patin, qui est de 0,00075 *m*, constitue réellement l'orifice d'écoulement et, s'il n'y avait pas de contraction par suite des cannelures, le volume d'eau débité serait le produit de la vitesse d'écoulement due à une pression de 1,800 *kg*, vitesse égale à 18,80 *m*, par la section de cet orifice. Le volume théorique d'écoulement serait donc de 15,117 *l*.

Au lieu de cela, j'ai constaté que le débit n'était que de 0,963 *l* par seconde.

De cette première expérience, il résulte que le coefficient de contraction est égal à 0,0637 *l*.

Dans la seconde expérience, le patin portait une charge totale de 560 *kg*, y compris son propre poids. La pression constante accusée par le manomètre sous le patin s'est maintenue à 1 *kg*, ce qui indique que, dans ce second cas, la surface active s'était réduite à 560 cm^2, correspondant à un rectangle de 371 *mm* par 151 *mm*, dont le périmètre, également parallèle aux contours extérieurs du patin, s'en trouvait à 341/2 *mm*.

Ce second périmètre multiplié par la hauteur de soulèvement qui est la même, c'est-à-dire de 0,75 *mm*, nous donne l'orifice d'écoulement qui aurait laissé passer par seconde 10,962 *l*, sous la vitesse de 14 *m* due à la pression de 1 *kg*.

Ce débit théorique, multiplié par le coefficient de contraction 0,0637 trouvé dans la première expérience, donne un débit de 0,698 *l*, au lieu

de 0,692 *l* que j'avais trouvé. J'en ai conclu que le coefficient en question est à peu près exact et je l'ai employé dans les raisonnements suivants pour essayer d'en tirer une indication pratique.

Pour les deux pressions de 1,800 *kg* et de 1 *kg* constatées précédemment, on a obtenu des surfaces actives différant entre elles d'une certaine quantité. J'ai admis que, pour une nouvelle pression de 3,600 *kg*, par exemple, maintenue sous le patin, on aurait une surface active plus grande que celle correspondant à 1,800 *kg* et dans la même proportion que précédemment, c'est-à-dire de 680 *cm²*, qui représentent un rectangle de 393 *mm* par 173 *mm*, dont le périmètre se trouve à 23 *mm* 1/2 du pourtour du patin auquel il reste toujours parallèle.

Ce périmètre multiplié par la hauteur constante de soulèvement, de 0,75 *mm*, ainsi que par la vitesse d'écoulement due à la pression et qui est égale à 26,70 *m*, donne un débit théorique de 22,641 *l*. Ce débit, multiplié par le coefficient de contraction 0,0637, donne une dépense réelle de 1,442 *l*.

J'en tirerai tout d'abord une première conclusion, c'est que si l'on veut faire porter à un véhicule une charge double, il est préférable de doubler la pression sous le patin (dont le débit devient alors 1,442 *l*) que de doubler le nombre des patins, ce qui donnerait un débit plus grand de :

$$2 \times 0{,}963\ l = 1{,}926\ l.$$

(Dans ce raisonnement ainsi que dans le suivant, je suppose qu'on prend l'eau de glissement dans la conduite maîtresse).

J'ai enfin recherché s'il est avantageux de doubler la surface du patin en conservant la même pression (lorsque je dis doubler la surface du patin, j'entends, bien entendu, la surface active). Si, par exemple, nous voulons doubler la surface active du patin dans l'expérience indiquée plus haut, surface égale à 591 *cm²*, tout en conservant la même pression de 1,800 *kg*, nous devrons prendre un patin qui aura une surface active de 1 182 *cm²*. Cette surface active correspondra à un rectangle de 520 *mm* par 229 *mm* ; et, comme il y a tout lieu d'admettre que le périmètre de ce rectangle se trouvera à la même distance que dans le premier cas, 31 *mm*, du pourtour extérieur du patin, puisque le nombre de cannelures et leurs dimensions n'ont pas changé, le patin aura comme dimensions extérieures 582 *mm* par 291 *mm*. Il pourra porter une charge égale à :

$$1\,182 \times 1{,}800\ kg = 2\,121\ kg \text{ environ.}$$

La vitesse d'écoulement, 18,80 *m*, appliquée à la section d'écoulement fournie par le périmètre du rectangle de 520 *mm* par 229, ainsi que par le coefficient de contraction trouvé plus haut, donnera un débit pratique de 1,345 *l* par seconde.

J'en ai tiré cette seconde conclusion, qu'il n'y avait pas d'avantage à augmenter la surface active du patin, qu'il valait toujours mieux augmenter la pression ; d'autant plus que, dans ce dernier cas, en augmentant la surface active du patin, c'est-à-dire ses dimensions extérieures, on augmentait forcément la largeur des rails, ce qui cause une dépense supplémentaire considérable.

Dans les expériences faites à Senlis, j'ai également constaté que la

résistance au glissement d'un patin isolé n'est pas de 0,500 *kg* par tonne, c'est-à-dire qu'un patin bien équilibré glisse sur une pente de 1/2 millimètre par mètre, une fois l'inertie vaincue.

2° Expériences de consommation d'eau à l'esplanade des Invalides.

Le débit constaté chez M. Gandillon, sur des patins isolés, s'est trouvé confirmé à l'esplanade des Invalides sur notre voie de démonstration.

En effet, le train, composé de deux wagons et d'un tender, était supporté par 14 patins.

Les deux accumulateurs placés sur le tender et contenant l'eau de glissement avaient chacun un diamètre intérieur de 0,72 *m*, 3 *m* de longueur, et 1,221 m^3 de capacité. Un trait rouge tracé sur le verre du tube à niveau à la hauteur des 2/3 de leur capacité indiquait la limite de chargement. L'air, comprimé à 9 *kg*, situé dans le tiers resté libre, permettait par sa détente d'utiliser toute l'eau contenue dans ces accumulateurs. Si, en chargeant les accumulateurs, on y avait introduit un volume d'eau supérieur aux deux tiers de leur contenance, l'air comprimé à leur partie supérieure n'aurait plus eu une détente suffisante pour permettre de les vider complètement d'une manière utile. On ne pouvait donc pas dépasser, je le répète, le trait rouge indiqué sur le tube à niveau. C'est un point important sur lequel j'insiste.

Or, le 20 septembre 1889, le train, étant chargé, a fait trois parcours simples, c'est-à-dire qu'il est parti de l'embarcadère pour descendre au bout de la ligne, puis il est remonté et enfin redescendu; arrivé à la station d'aval, le conducteur a dépassé légèrement la grue d'alimentation. Une fois arrêté, il a constaté que l'eau était encore à 4 ou 5 *cm* au-dessus de la bague inférieure du tube à niveau, c'est-à-dire qu'il lui restait encore environ 200 *l*.

Il n'a pas dû se tromper beaucoup dans son appréciation, car il a été obligé d'ouvrir le robinet d'alimentation des patins pour reculer jusqu'à la grue de chargement. En ouvrant ainsi le robinet d'alimentation, il a empli toute la tuyauterie ainsi que les patins et fait un parcours de 1,50 *m* à 2 *m* environ avec une très faible vitesse. Nous admettrons donc que l'appréciation de 200 *l* restant dans les accumulateurs était exacte.

En même temps, la durée du parcours était relevée au moyen d'un chronomètre à secondes; on a trouvé qu'en moyenne la durée du trajet, à la descente, était de trente secondes; à la montée, de trente-quatre secondes. Il en résulte que les patins sont restés soulevés un temps total de quatre-vingt-quatorze secondes pendant ces trois trajets simples.

D'un autre côté, les deux accumulateurs du tender ont fourni un volume de

$$1\,628 - 200\ l = 1\,400\ l \text{ environ},$$

ce qui donne, pour chacun des 14 patins, une dépense de

$$1{,}080\ l \text{ par seconde},$$

chiffre qui ne diffère pas sensiblement de celui trouvé à Senlis (0,963 *l*).

Disposition des rails. — Nos rails présentaient un joint élastique en caoutchouc parfaitement étanche et qui permettait la libre dilatation

du métal, et portaient en outre des oreilles traversées par des broches en acier entrant à frottement gras et s'opposant à tout désaffleurement dans quelque sens que ce soit. Ce joint a parfaitement fonctionné et nous a donné pleine et entière satisfaction.

La seule observation à faire ici, c'est que ces rails étaient en fonte et que, dans l'application, par économie, ils doivent être en acier laminé. Ils affectent alors la forme d'un U renversé.

Chaque file de rails porte extérieurement un autre fer en U plus petit qui sert à guider les patins et à les maintenir sur le rail. Ces guides sont soutenus par des supports en acier coulé, boulonnés de distance en distance sur les flancs extérieurs du rail.

A l'endroit des changements de voie, ces guides s'articulent sur l'un de leurs supports et, déplacés par un jeu de cylindres hydrauliques, font passer à volonté les patins d'une voie sur l'autre. Ils constituent ainsi un moyen d'aiguillage très simple, puisque les rails restent immobiles.

Disposition des propulseurs. — Les propulseurs de l'Exposition ne produisaient pas de choc au moment de leur fermeture. Ce résultat était dû à la forme de cône parabolique qu'affectait la queue des clapets, d'une part, et, de l'autre, au frein hydraulique placé dans le cylindre de manœuvre.

Les robinets à trois eaux des propulseurs, dont voici un modèle, ont très bien fonctionné, quoiqu'en bronze très tendre. Le serrage s'effectuait sur des rondelles Belleville, ce qui permettait le réglage facile. Il était essentiel d'éviter toute déformation de ces robinets. Comme le fonctionnement devait se produire par un déplacement de à 1/9e de circonférence, il fallait des lumières assez longues: condition qui pouvait nuire à la solidité. Pour éviter tout inconvénient résultant de cette forme, on a fait venir de fonte un diaphragme qui traverse les robinets dans leur milieu et réunit les trois fuseaux entre eux, de sorte que, dans ces conditions, il n'y a pas de flexion. Bien que ces robinets se soient ouverts et fermés chacun 4 000 fois, ils sont en parfait état.

Il y avait enfin pour permettre la mise en marche du train, en toute position, des tringles spéciales qui pouvaient être manœuvrées depuis le tender et qui commandaient des leviers oscillants placés sous les wagons. La disposition était telle que les robinets des propulseurs pouvaient être atteints, quelle que soit la position du train.

Machine motrice et pompes. — La machine à vapeur était une machine demi-fixe, de la force de 50 chevaux, fournie par MM. Weyher et Richemont. Destinée pour marcher à condensation, elle n'a pu fonctionner qu'à échappement libre; et dans ces conditions elle eût pu faire 40 ou 45 chevaux au maximum, mais elle n'a jamais fait plus de 35 chevaux, même pendant les démarrages à grande vitesse. Sa marche était constante, sans arrêt, depuis l'ouverture jusqu'à la fermeture du guichet. Pour cela, nous avions adopté une disposition de soupape de décharge et, quand la pression atteignait la limite indiquée, l'eau était renvoyée dans la bâche d'alimentation. Les pompes étaient du système Girard-Meunier, elles étaient très douces et très régulières. Cette disposition n'était pas économique et ne pourrait pas être employée dans une application industrielle.

Disposition industrielle. — Il convient d'avoir trois corps de pompes, commandés par des cylindres indépendants, dont les arbres de manivelles sont tiercées sur l'arbre de couche; l'eau refoulée commande un accumulateur; lorsque la pression est atteinte, l'appareil monte et, par un enclenchement, il ferme un papillon de commande placé sur la conduite principale de vapeur et la pompe s'arrête. Aussitôt qu'on ouvre un propulseur sur la voie, l'accumulateur baisse et les pompes se remettent en marche toutes seules : elles obéissent automatiquement au débit de la voie.

Résultats principaux. — La ligne de l'esplanade des Invalides a fonctionné du 12 juillet au 6 novembre.

Les robinets automoteurs se sont ouverts 4 000 fois. En additionnant les différents trajets, le parcours total a été de 1 200 *km.* Les patins ont frotté 4 000 fois, à chaque extrémité de la ligne. Il y a eu un certain rodage par le fait de la poussière contenue dans l'eau, mais il n'y a pas eu d'usure apparente.

Chaque train a coûté 2,1/2 *kg* de charbon aller et retour. C'est beaucoup, mais il ne faut pas oublier que nous faisions constamment des démarrages à grande vitesse. Je ne sais pas si on a jamais déterminé le travail d'une locomotive lorsqu'elle démarre; mais, si elle démarrait constamment à grande vitesse pour s'arrêter immédiatement après, elle épuiserait bien vite, dans ces efforts répétés, son eau et son charbon.

Notre voie avait une pente de 40 *mm* sur 36 *m* de longueur, un palier de 31 *m* et une rampe de 20 *mm* sur 36 *m*. La pente générale était de 10 *mm* par *m*, et, en remontant, nous avions 1,50 *m* de différence de niveau d'une extrémité sur l'autre. La vitesse était de 8 *m* par seconde. Voilà ce que je puis vous dire d'intéressant sur l'installation que nous avions à l'esplanade des Invalides.

Discussion du système

J'arrive maintenant à la discussion du système.

D'abord, notre installation de l'esplanade des Invalides, établie dans les conditions théoriques, avait un aspect un peu compliqué. En effet, on voyait les propulseurs presque les uns sur les autres. Cela tenait à ce que notre train n'avait que 16 *m* de longueur, ce qui nécessitait des propulseurs tous les 15 *m*. Si nous avions eu un train de 41 *m* de longueur par exemple, il aurait suffi de placer les propulseurs tous les 40 *m*. Les ouvertures et les fermetures des robinets automoteurs des propulseurs s'effectuaient très rapidement; on aurait pu craindre un entretien difficile, et pourtant, vous venez de voir que ces organes sont en parfait état ; par conséquent, je crois qu'il n'y a pas de crainte à avoir à ce sujet.

Les colonnes d'eau horizontales qui s'échappent des propulseurs pour donner au train sa vitesse seront-elles assez puissantes pour des trains ayant un grand nombre de voitures? — A l'esplanade des Invalides, nous avions des propulseurs lançant 105 *l* d'eau par seconde, sous une pression de 10 *kg*, ayant une poussée de 450 *kg* environ. Si vous avez à

votre disposition une machine plus puissante, ou une chute d'eau naturelle, vous pouvez doubler la force, et, au lieu de 450 *kg*, vous pouvez avoir 1 000 *kg* de poussée par les propulseurs. Puis, vous pouvez en placer davantage ; si vous placez 4 propulseurs à 1 000 *kg* de poussée, cela fait 4 000 *kg* de propulsion. Vous pouvez avoir, par ce moyen, 5, 6, 10 000 *kg*, si vous voulez, de poussée. Il n'y a donc pas là de difficulté.

Quant à l'eau, vous devez la recueillir lorsque vous employez des pompes, elle ne se perd pas. Ce n'est qu'un levier intermédiaire.

L'eau nécessaire à l'entretien du glissement est peu considérable ainsi que nous l'avons vu. Il est évident cependant que si on voulait faire un grand parcours et emporter avec soi au départ l'eau nécessaire à ce parcours, la charge deviendrait trop considérable.

Pour les grands parcours, je prétends ne pas emporter d'eau du tout, et j'espère le démontrer. Sur la ligne que nous construisons en ce moment-ci, en Angleterre, j'aurai deux espèces de matériel : l'un pour les petits parcours, l'autre pour les grands. Je crois, je suis convaincu, qu'on peut embarquer l'eau en vitesse : vous avez une conduite qui a de l'eau à 10 *kg* de pression ; par conséquent, vous pouvez emmagasiner l'eau à 5 *kg* dans des réservoirs spéciaux placés sous les voitures, étant entendu que cette eau n'a pas servi à la propulsion. Mais, il y a encore un autre moyen : c'est de mettre sur un tender une machine avec une pompe, de prendre l'eau qui a servi à la propulsion et l'envoyer dans un réservoir. Ceci ne présente pas de difficulté.

La quantité d'eau dépensée par le patin a besoin d'un réglage, pour obtenir le minimum de dépense. A notre installation de l'esplanade des Invalides, nous avions des papillons pour régler les patins des wagons d'un seul coup. Il y avait à cela un inconvénient. Il peut arriver que vous ayez beaucoup de voyageurs en un point du train, et peu à un autre, par conséquent, qu'il y ait inégalité de charge supportée par les patins, et par suite, inégalité de dépense. Actuellement nous sommes arrivés à ce que les patins règlent leur dépense automatiquement, suivant la charge qu'ils supportent.

Dans les grands parcours, dont nous parlons, à titre de curiosité puisque nous n'en faisons pas encore, pourrait-on atteindre les vitesses indiquées ?

Il n'y a aucun doute à cet égard ; si vous voulez faire varier la pression, vous pouvez arriver à des vitesses de 180 à 190 *km* à l'heure. En effet, une turbine peut marcher à une vitesse d'un 80/100e de la vitesse de sortie de l'eau du propulseur ; et avec une pression de 20 à 22 *kg*, vous atteignez une vitesse de 190 *km* à l'heure. A 10 *kg*, la vitesse de sortie de l'eau est de 44 *m* par seconde, et vous pouvez marcher à 120 *km* à l'heure.

On a dit : *la résistance de l'air* sera peut-être considérable, à cette vitesse ? En effet, à la vitesse de 80 *km* à l'heure, cette résistance est déjà considérable dans les trains dont vous connaissez la disposition, où des surfaces planes opposent une résistance considérable et où, entre chaque voiture, existe un intervalle qui forme chicane. Si vous avez lu les résultats des expériences faites au Chemin de fer de l'Est, pré-

sentés par M. Dieudonné, vous vous rappelez que l'air agit avec force sur les premiers wagons, et de moins en moins sur les suivants, mais il agit sur presque tous les wagons du train. Il faudrait donc réduire cette résistance au minimum. Rien ne s'opposerait à ce que l'on constituât un train en lui donnant la forme d'un demi-cigare, par exemple; cela serait extraordinaire, mais cela n'est pas impossible et ne serait pas plus laid que nos trains actuels.

On pourrait faire un train en demi-obus à double cône, avec des wagons arrondis et non carrés, réunis par des tôles qui permettraient l'articulation dans les courbes.

Passons à la *partie fixe de l'installation.*

Si, sur la conduite qui fournit l'eau sous pression, un tuyau venait à se rompre, le service serait-il arrêté? — Non : on installe des clapets d'arrêt automatique, placés de distance en distance sur la voie; ces clapets sont à deux sièges. Ils sont réglés, par un ressort, de telle sorte que le clapet ne se déplace pas en temps normal. Si un tuyau vient à se rompre, les clapets d'arrêt automatique se trouvent entrainés par le courant; ils se ferment de chaque côté du point où l'accident s'est produit. On aurait ainsi tout au plus 150 *m* de conduite condamnée. Le service ne se trouverait pas arrêté.

Voyons le *propulseur.*

Si un propulseur se trouve ouvert, soit par malveillance, soit par le train et qu'il ne se referme pas; est-ce que le service est, de ce fait, interrompu? — Non : nous avons, pour remédier à cet inconvénient, deux types d'appareils. L'un est fait de telle façon que, lorsque le robinet est ouvert, au bout d'un temps déterminé, sept secondes, par exemple, le branchement sur lequel est monté le propulseur se ferme automatiquement. L'autre ferme le branchement lorsque la pression baisse au-dessous d'une limite déterminée.

Ce système n'est même pas encore breveté; nous avons déposé une demande de brevet en France, en Belgique et en Angleterre; vous comprendrez donc, puisque la propriété n'en appartient pas à moi seul, que je vous demande la permission de ne pas vous donner de détails; j'indique seulement le principe; et, si vous le voulez bien, je vous donnerai les détails plus tard, dans une autre communication.

Conditions d'application du chemin de fer glissant

Dans le système, il y a deux principes : le principe du *glissement* et celui de la *propulsion hydraulique.* On peut appliquer ces deux principes simultanément ou séparément; mais, il y a des cas dans lesquels on ne peut pas les séparer : lorsqu'il s'agit entre autres de faire un petit parcours à grande vitesse. Dans les villes, par exemple, le chemin de fer glissant avec propulsion hydraulique est le plus avantageux, et rien

ne peut le remplacer. Voici pourquoi : dans un petit parcours, il faut démarrer vite, marcher vite et s'arrêter très rapidement. Supposez une traction quelconque : électrique, à vapeur, à air comprimé, au moyen de machines mobiles, le train s'arrête, reste trente secondes et repart. Admettons qu'il soit trainé par une machine de 100 chevaux ; pendant l'arrêt du train, cette machine ne travaille pas, elle est immobile, et, lorsque vous voulez repartir, vous avez une force de 100 chevaux à votre disposition, et rien de plus. Supposez, au contraire, que cette machine de 100 chevaux, au lieu d'être attelée au train, soit fixe et qu'elle actionne des pompes comme dans le système glissant à propulsion hydraulique : pendant les trente secondes d'arrêt du train, elle ne s'arrête pas ; elle refoule l'eau dans les accumulateurs dont je vous parlais tout à l'heure, et, au moment du départ, vous pouvez, s'il vous convient, dépenser en cinq ou six secondes ce travail accumulé en trente ; et vous avez ainsi à votre disposition, à un instant déterminé, une force qui peut être sextuple de la force normale de la machine.

Il n'y a aucun système connu qui puisse vous donner un démarrage aussi rapide et aussi puissant : c'est une condition essentielle pour les chemins de fer de ville.

Vous réalisez ainsi et rapidement une grande vitesse et, par la suppression de l'eau daus les patins, vous obtenez le frein le plus puissant qu'on puisse trouver. Ainsi donc, avec ce système, vous avez un démarrage rapide, une grande vitesse et un moyen d'arrêt très puissant : les trois conditions essentielles à un chemin de fer de ville.

De plus, avec ce sytème, vous n'avez *ni bruit ni fumée;* vous pouvez *monter toutes les rampes* et *passer dans toutes les courbes* des villes. Donc, dans cette application on peut dire que l'ensemble du système est parfait, et il ne faut pas séparer le glissement de la propulsion hydraulique.

Ajoutez à cela qu'on ne peut pas dérailler, sauf le cas de rupture du guide. Or, ces guides, rien n'empêche de les doubler si on le veut, et l'on aura alors double sécurité.

Aucun corps ne peut pénétrer sous les patins. A l'esplanade des Invalides, nous en avons fait l'expérience, rien ne peut s'interposer entre les patins et le rail, ni pierre, ni sable ; ils sont rejetés de côté. Il ne peut pas non plus y avoir de collision. La rapidité d'arrêt des trains est telle que lancés à la vitesse de 60 *km.*, ils peuvent s'arrêter sur un parcours de 27 *m.* environ. Même par les temps de brouillard, à 54 *m.* de distance, deux trains peuvent toujours s'apercevoir et s'arrêter à temps.

En outre des avantages dont j'ai déjà parlé pour les villes, le système en a encore un autre considérable : c'est la légèreté du matériel. Il n'y a pas de machine ; le matériel est très léger ; les wagons ne comportent pas de boites à graisse d'essieux, de chaines d'attelage, etc. ; il y a là un poids mort très léger ; il en résulte une grande économie sur le matériel.

Il y a également une grande économie d'installation. Ainsi, pour un chemin aérien porté par des colonnes espacées de 20 *m*, il suffit d'un treillis métallique d'une hauteur de 2 *m*. Avec un tel chemin de fer à

deux voies, qui n'a que 6 *m.* d'écartement entre les garde-corps extrêmes et une puissance de traction suffisante, on peut transporter 12 000 voyageurs à l'heure, au moyen de trains ne contenant pas plus de 100 voyageurs chacun et partant les uns derrière les autres toutes les minutes. Un chemin de fer aérien de ce genre ne coûte pas plus de 7 à 800 000 *f* le kilomètre, tout compris : un système ordinaire, de même puissance, coûterait beaucoup plus.

Fonctionnement pendant l'hiver. — Maintenant, j'arrive à un dernier point, celui du *fonctionnement pendant l'hiver.* Je prendrai le type du petit parcours ; le service ne se trouve pas interrompu. On peut marcher par un froid considérable, et voici pourquoi. Notre installation est disposée de telle façon qu'on peut faire passer à volonté tout ou partie de l'eau de la canalisation dans le condenseur à surface des machines à vapeur et l'entretenir ainsi à la température voulue.

Avec une ligne de 3 *km* de longueur, pouvant transporter 12 000 voyageurs à l'heure, il faut une machine de 500 chevaux. Dans le parcours que je vous indique, nous avons 200 m^3 d'eau environ ; nous pourrions la porter à 40° centigrades, mais c'est inutile ; en la maintenant à 15° ou 20°, nous n'avons aucune espèce de crainte. — On peut employer également des mélanges de corps qui s'opposent à la gelée, par exemple : le chlorure de calcium ; mais, il a un inconvénient, c'est d'attaquer légèrement le métal, même quand il est pur. Néanmoins, je crois qu'on peut l'employer ; d'autant plus que le froid ne dure pas longtemps dans nos climats, et je ne crois pas que son attaque serait considérable ; mais il est inutile dans les conditions que j'indique.

Applications nouvelles du système. — Enfin, pour terminer, je parlerai des lignes qui sont en construction. En ce moment, nous construisons une ligne à Londres, par suite d'un contrat passé avec le Métropolitain de Londres, le 12 octobre 1889 ; nous comptons marcher à 90 *km* à l'heure ; nous aurons deux matériels : l'un à petit parcours, l'autre à grand parcours.

Je parlais tout à l'heure du chemin de fer de ville aérien : nous poursuivons également une demande pour obtenir l'autorisation de faire une application sur une certaine distance, d'un chemin de fer de ville aérien. Nous sommes en négociations pour construire une ligne de Cauterets à la Raillère. Sur ce point, le chemin glissant et à propulsion hydraulique présente tous les avantages. Le parcours est de 1 200 *m.* On a à sa disposition une chute d'eau que l'on peut capter et utiliser à la propulsion, avec une pression de 10 *kg* en haut et 16 *kg* en bas. Une fois la tuyauterie établie, une fois la voie posée, et les propulseurs installés, la nature seule fera gravir ces rampes de 110 *mm* par mètre, avec une vitesse de 60 *km* à l'heure si l'on veut, et l'on descendra ces pentes à la vitesse qu'on voudra. Les frais d'exploitation consisteront dans l'entretien de la tuyauterie et de la voie. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT fait observer que l'heure est trop avancée pour pouvoir commencer la discussion de la très intéressante communication que

l'on vient d'entendre; elle aura lieu dès le commencement de la séance prochaine. Mais il ne voudrait pas qu'on se séparât sans avoir adressé à M. Barre tous les remerciements de la Société pour le témoignage de confiance qu'il vient de lui donner, en venant lui exposer le résultat de ses recherches et travaux sur les chemins glissants et en livrant ces recherches à une discussion prochaine.

Le système, tel qu'il est exposé, semble séduisant, à bien des points de vue du fait de la légéreté du matériel, de l'extrême simplicité des conditions d'exploitation, de l'absence de tout bruit et d'autres raisons rappelées dans l'exposé qui vient d'être fait; espérons que la discussion confirmera toutes ces belles prévisions.

La séance est levée à onze heures.

NOUVEAU SYSTÈME DE FREIN CONTINU

PAR

M. L. SOULERIN

CINQUIÈME PARTIE

(Suite et fin.) (1)

Examen comparatif des différents systèmes de freins pneumatiques.

Préliminaires. — Il a paru utile d'ajouter une cinquième partie à l'étude publiée dans le compte rendu du mois de septembre dernier, contenant une discussion, pour examiner les avantages des nouveaux systèmes de freins sur les autres systèmes soit à air comprimé, soit à vide, dont l'usage est le plus répandu.

Elle est terminée par un examen comparatif des freins à air comprimé et des freins à vide, et par quelques considérations sur la possibilité d'activer, dans une certaine mesure, la rapidité de la propagation du serrage sans recourir à l'emploi de distributeurs spéciaux.

Préalablement, il importe de décrire la forme pratique adoptée pour le distributeur à vide automatique désigné comme *modèle B* (fig. 41), et pour un distributeur à vide à fonctionnement rapide représenté par la figure 42.

Distributeur a vide *modèle B.*

2° Dans le distributeur *modèle B* (fig. 41), les deux pistons *n* et *p* sont confondus en un seul, *m* est un diaphragme flexible. Le clapet *a* et le diaphragme *m* sont reliés par une tige creuse dans

(1) Voir bulletin de septembre 1889, page 239 et suivantes.

laquelle glisse le système *nf*, *f* étant un piston avec garniture de cuir embouti, et la rentrée d'air dans le vase se faisant par les orifices *oo*.

V_a, V_c, X_e, X, P et *p* ont les mêmes valeurs que dans le *modèle A*; $S_n = S_m = 95\ cm^2$ avec 110 *mm* de diamètre; $S_a = 19{,}6\ cm^2$, le diamètre étant de 50 *mm*; et S_f a un diamètre de 40 *mm*, donnant 12 cm^2 de surface.

Au moyen de l'équation (135) on obtient $z_p = 0{,}60\ P_a$; tandis que $z_i = P_a$, puisque $S_m = S_n$; l'étendue de la modérabilité est donc égale à $0{,}40\ P_a = 0{,}57\ (P_a - P)$.

Après un serrage complet, le desserrage commencera pour une valeur de $z_{a'} = 0{,}54\ P_a$ qu'on trouve au moyen de l'équation (144) où on fait R = 0.

Distribution a fonctionnement rapide.

Description et fonctionnement. — Cet appareil, représenté par la figure 42 est un distributeur *modèle B* avec un troisième système mobile composé de deux diaphragmes *b* et *c*, et d'un clapet *d*. Les espaces situés au-dessus de *b* et au-dessous de *c* sont reliés avec, respectivement, le réservoir et la conduite générale, tandis que le vase à freins communique avec l'espace compris entre *b* et *c*.

Lorsqu'on admet brusquement l'air dans la conduite générale par le robinet de manœuvre, le clapet *d* du premier distributeur se soulève et l'air extérieur pénètrant par les orifices E, détermine le soulèvement de *d* dans le second distributeur, et ainsi de suite. On obtient alors un arrêt d'urgence. Si, au contraire, on admet, par *un robinet de manœuvre spécial*, une pression initiale relativement faible, le vide créé dans l'espace entre *b* et *c* empêche le soulèvement du système et on peut graduer le serrage dans toute l'étendue que permet le distributeur *modèle B*.

La résultante R des pressions exercées sur le système *b*, *c*, *d*, sera, avant que la dépression ait pu se faire sentir dans le vase à freins et que la pression ait pu changer dans le réservoir, en appelant *z* la pression variable dans la conduite générale :

$$R = S_b\ (P_a - P) - (S_c - S_d)\ (P_a - z).$$

Si on appelle z_u, la pression minima à donner à *z* pour que R soit égal à zéro, il viendra, pour l'expression de S_b en fonction de S_c et S_d, qui sont données :

$$S_b = \frac{S_c - S_d}{P_a - P}\left(P_a - z_u\right).$$

En sorte que, si on fait $S_c = 95\ cm^2$ correspondant à un diamètre de 110 *mm* ; et $S_d = 5\ cm^2$ correspondant à un diamètre de 25 *mm*, on aurait pour $z_u = 0{,}75$

$$S_b = \frac{40}{0{,}7} \times 0{,}25 = 32\ cm^2$$

correspondant à un diamètre de 64 *mm*.

CHAPITRE VIII

Freins à air comprimé.

178. — *Appareils comparés et points sur lesquels porte la comparaison.* — Cet examen ne porte que sur les freins automatiques Carpenter, Wenger, Westinghouse, et les appareils Soulerin décrits du paragraphe 35 au paragraphe 60 qui sont considérés aux points de vue de la rapidité d'action de la modérabilité et de la dépense de vapeur.

I — RAPIDITÉ D'ACTION.

179. — *Influence de la sensibilité des distributeurs et de la rapidité de propagation de la dépression dans la conduite générale.* — On a vu qu'afin d'obtenir le maximum de force retardatrice, il faut qu'on puisse effectuer le serrage contre toutes les roues à la fois, avec *toute la puissance du frein, le plus rapidement possible.*

On doit donc chercher à obtenir, dans le fonctionnement des appareils, *l'uniformité dans la sensibilité des distributeurs* et une grande vitesse dans la rapidité de la propagation de la dépression dans la conduite générale. On se rapprochera ainsi en même temps de la condition de simultanéité dans l'application des freins sur toutes les roues du train, pour obtenir la production d'arrêts sans secousses.

Uniformité dans la sensibilité des distributeurs.

180. — *Établissement du degré de sensibilité.* — Le degré de sensibilité d'un distributeur est mesuré par la valeur *minima* de la dépression qu'il faut produire dans la conduite générale pour que le distributeur entre en fonctionnement Cette dépression minima ne doit pas être trop faible, car alors des fuites de peu d'importance

pourraient amener des perturbations, notamment avec les appareils qui donnent le serrage à fond pour une perte relativement faible de la charge. On prend des dispositions, en général, pour que le fonctionnement ne commence qu'après une perte brusque d'environ *un neuvième* de la charge totale dans la conduite générale. Dans les systèmes Carpenter et Schleifer, qui ne comportent pas de distributeur, l'action se transmet directement sur le piston moteur, dont la mise en marche ne dépend que du frottement de ses garnitures et de la résistance des ressorts de rappel. Dans l'examen des autres systèmes, il faut évidemment se placer, pour la comparaison, dans l'hypothèse inadmissible où les résistances des ressorts de rappel auraient été uniformément établis dans tous les cylindres à freins ou autres appareils.

181. — *Frein Wenger.* — Pour que le tiroir du distributeur puisse découvrir la lumière d'échappement, le piston qui commande ce tiroir doit faire une course d'environ 10 *mm*. Les résistances qu'il a à vaincre sont :

1° Le frottement du tiroir dont le coefficient peut varier entre 0,15 et 0,30, soit pour une pression de 4 *kg* la surface du tiroir étant de 2,6 *cm* sur 2,65 *cm*, c'est-à-dire de 6,90 cm^2, entre :

$$6{,}9 \times 4 \times 0{,}15 = 4{,}14 \text{ kg}$$

et :

$$6{,}9 \times 4 \times 0{,}30 = 8{,}28 \text{ kg}.$$

2° Le frottement d'une garniture en cuir de 10 *mm* de hauteur environ sur une circonférence dont le diamètre est de 7 *cm*. Le coefficient de ce frottement peut varier de 0,15 à 0,56 selon l'état des surfaces frottantes; en sorte que si l'on admet sur le cuir une pression de 0,4 *kg*, la résistance sera comprise entre :

$$(\pi \times 7 \times 0{,}4) \times 0{,}15 = 1{,}3 \text{ kg},$$
$$(\pi \times 7 \times 0{,}4) \times 0{,}56 = 4{,}872 \text{ kg}.$$

3° La résistance d'un ressort qu'on supposera être, contrairement à ce qu'il est possible d'obtenir, la même dans tous les distributeurs, évaluée à 5 *kg*.

Les limites extrêmes entre lesquelles pourra varier la résistance totale seront donc :

$$4{,}14 + 1{,}3 + 5 = 10{,}14 \text{ kg},$$
$$\text{et : } 8{,}28 + 4{,}870 + 5 = 18{,}15 \text{ kg}.$$

Comme le piston du distributeur a une surface de 41 cm^2, corres-

pondant à un diamètre de 71 1/2 *mm*, il en résulte que pour vaincre les résistances qui s'opposent à la mise en marche du distributeur, il faut produire une dépression qui peut varier entre 0,25 et 0,50 *kg*, selon l'état du distributeur.

L'écart possible est donc de 250 g.

182. — *Frein Westinghouse.* — Les frottements à vaincre sont :

1° Le frottement du tiroir dont la surface est de 7 cm^2, lequel peut varier, avec une pression de 4 *kg*, entre :

$$7 \times 4 \times 0{,}15 = 4{,}2,$$
$$\text{et : } 7 \times 4 \times 0{,}30 = 8{,}4.$$

2° Le frottement d'un segment de 1 1/2 *mm* de hauteur sur la circonférence d'un cercle de 63 *mm* de diamètre soumis à une pression de 4 *kg*, variant de :

$$\pi \times 6{,}3 \times 0{,}15 \times 4 \times 0{,}15 = 2 \text{ } kg.$$
$$\text{à : } \pi \times 6{,}3 \times 0{,}15 \times 4 \times 0{,}30 = 4 \text{ } kg$$

en négligeant la raideur du segment, qui ajoute aux causes de variation.

La résistance totale peut donc varier entre 6,2 et 12,4 *kg*, correspondant à une dépression comprise entre 0,2 et 0,4 *kg*. *L'écart possible est donc de 200 g*, et il peut entraîner des conséquences d'autant plus graves *que la variation correspondante de la pression dans le cylindre à freins peut atteindre jusqu'à 2 kg*. A cette cause de mauvais fonctionnement s'ajoute celle qui provient de la différence qui peut exister entre les mêmes voitures d'un train dans la distance à parcourir par les sabots. En effet, ordinairement dans les appareils Westinghouse, le réservoir auxiliaire a une capacité de 25 *l*, tandis que le volume engendré par les pistons du cylindre à deux pistons, dont la course est réglée entre 5 et 10 *cm*, varie entre 3 et 6 *l*. Dans le cas d'une course de 5 *cm*, le serrage à fond correspond à une dépression d'environ 15 0/0 de la charge, tandis que, dans le cas de la course de 10 *cm*, il ne s'effectue que par une dépression d'environ 25 0/0 de la même charge.

183. — *Rainures de fuite dans les appareils Wenger et Westinghouse.* — Les appareils Wenger et Westinghouse sont munis de rainures dites de fuite, afin que de légères dépressions ne puissent pas faire appliquer les freins. Dans le frein Wenger, cette rainure est pratiquée dans le distributeur, tandis que dans le frein Westinghouse, elle est pratiquée dans le cylindre à freins. Dans le frein Westinghouse,

ces rainures de fuite obligent à donner une course minima aux pistons des cylindres à freins ; en outre, elles sont cause de difficultés pratiques pour le réglage de la longueur à laisser aux tiges dans le cas usuel où on emploie des cylindres à freins à deux pistons.

184. — *Distributeur Soulerin.* — Dans cet appareil, les résistances à vaincre sont :

1° La pression exercée sur la surface du clapet *a*, dont la valeur est rigoureusement proportionnelle à l'intensité de la pression de l'air comprimé.

2° La pression sur une garniture de cuir haute de 5 *mm* sur une circonférence de 58 *mm* de diamètre. La pression étant supposée de 0,4, ce frottement peut varier entre :

$$\pi \times 5{,}8 \times 0{,}5 \times 0{,}4 \times 0{,}15 = 0{,}40,$$
$$\pi \times 5{,}8 \times 0{,}5 \times 0{,}4 \times 0{,}56 = 2{,}20,$$

ce qui correspondrait, pour une surface de 31 cm^2, à un écart possible de :

$$\frac{2{,}20 - 0{,}40}{31} = 58\ g.$$

185. — *Résumé.* — Dans tous les distributeurs étudiés, on a négligé le poids de la masse mobile, parce qu'il est très facile de l'établir uniformément dans la fabrication des appareils. Les variations possibles de la dépression minima à produire pour faire fonctionner les appareils sont donc *de 250 g dans le frein Wenger, de 200 g dans le frein Westinghouse et seulement de 58 g dans le frein Soulerin.*

Rapidité de propagation de la dépression dans la conduite générale.

186. — *Cas des appareils décrits et étudiés aux §§ 22 à 60.* — Lorsque le mécanicien ouvre le robinet de manœuvre pour réduire la pression dans la conduite générale, la masse d'air comprimée que celle-ci et ses branchements contiennent s'anime d'un mouvement général qui la pousse vers l'avant du train.

Comme les branchements sont usuellement établis à angle droit, ils apportent un retard considérable dans le mouvement général. En effet, dans chaque branchement, l'air qui s'échappe de l'appareil tend à se diviser, lorsqu'il arrive dans la conduite générale. Deux courants de même intensité tendent à s'établir en sens inverse l'un de l'autre, suivant la longueur de la conduite générale, tandis que deux autres contournent la circonférence de

celle-ci et tendent à retourner dans le branchement. Il se produit donc sur la conduite générale, et à chaque branchement une sorte de refoulement dont l'action retardatrice sur le mouvement général est d'autant plus importante que la pression est plus élevée, et la quantité d'air qui doit s'écouler du branchement plus considérable.

Or, la pression est constante, ou à peu près, dans tous les systèmes étudiés, tant que le piston du distributeur, dans le cas du nouveau frein comme dans les cas du frein Westinghouse ou du frein Wenger, ou le piston du cylindre à freins, pour les autres systèmes, n'est pas arrivé à fond de course. La retardation du mouvement est donc fonction du volume engendré par le piston du distributeur ou du cylindre à freins, selon le cas, dans sa course. Ce volume étant de 75 cm^3 *dans la triple valve Westinghouse,* de 87 cm^3, dans le distributeur Wenger et de 11 cm^3, *dans le distributeur Soulerin*, il s'ensuit que la propagation de la dépression pourra se faire plus rapidement avec ce dernier qu'avec les autres. En ce qui concerne les freins Schleifer et Carpenter, dans lesquels le volume engendré est de 3 ou 6 l environ, la propagation de la dépression ne s'y fera qu'avec une extrême lenteur.

On a obtenu expérimentalement avec les distributeurs Westinghouse et Wenger, dans lesquels les volumes engendrés par les pistons diffèrent assez peu, à très peu près, la même rapidité de propagation de dépression. Il va sans dire qu'il n'est pas question ici de la rapidité de serrage qui doit être, pour les raisons indiquées aux § 30 et suivants, beaucoup plus considérable avec les freins Westinghouse qu'avec les freins Wenger.

Avec des pressions d'environ 4 kg et des trains comprenant jusqu'à 50 véhicules, on a remarqué que cette vitesse de propagation de dépression est sensiblement en raison inverse du carré du rang occupé par le véhicule observé. En sorte que si on désigne par θ, le temps écoulé pour que la dépression se fasse sentir en queue du premier véhicule, le temps t_n requis pour qu'elle atteigne l'arrière du $n^{ième}$ véhicule serait :

$$t_n = n^2 \theta$$

qui peut se développer en série, et s'écrire :

$$t_n = \{1 + 3 + 5 + 7 + \ldots + (2n - 1)\}\theta. \qquad (163)$$

Remarque. — En montant le distributeur sur la conduite générale elle-même, comme dans le cas du distributeur à fonctionne-

ment rapide, décrit au § 101, il est certain qu'on aurait une plus grande rapidité dans la propagation de la dépression que lorsqu'il est fait usage de branchements.

II. — Modérabilité.

187.— *Comparaison des différents systèmes.* — Il est indispensable que les appareils soient modérables, non seulement, comme on le suppose assez généralement, pour graduer la pression des sabots lorsqu'on fait des arrêts, et éviter ainsi de produire le calage des roues, ou pour agir avec modération pour la descente des pentes, mais surtout pour éviter les chocs dans les arrêts. L'importance de la modérabilité à ce dernier point de vue, est d'autant plus considérable que le train est composé d'un plus grand nombre de véhicules ainsi qu'il est expliqué au chapitre suivant.

Les freins Carpenter, Schleifer et Wenger sont modérables tant au serrage qu'au desserrage, mais dans des limites qui présentent un écart de 2 *kg* environ, ainsi qu'on l'a vu, lorsque la pression de charge est de 4 *kg*.

Le frein Westinghouse se prête mal à la descente régulière des pentes ; son application ne peut être maintenue avec un effort modéré constant qu'autant que le mécanicien opère par serrages et desserrages successifs. En effet le frein s'applique à fond pour une dépression d'environ un quart de la pression totale. Or, comme il est dit plus haut, il faut environ un neuvième de dépression pour mettre la « triple valve » en action. Pour produire un serrage modéré, le mécanicien n'aurait donc que la ressource de faire varier la dépression entre les limites rapprochées de un *neuvième* et *un quart*, soit dans le cas usuel d'une charge de 4 *kg* dans la conduite générale, *entre* 0,45 *et* 1 *kg*. Cette opération est fort délicate, et seulement quelques mécaniciens exercés peuvent la tenter avec succès. Donc, en fait, le frein Westinghouse a l'inconvénient de n'être pas modérable, lequel s'ajoutant à ceux qui ont été signalés au § 182, est souvent la cause de réactions violentes.

Dans les appareils Soulerin, le distributeur modèle n° 1 commence à produire un serrage effectif avec une perte de 0,83, tandis qu'il serre à fond lorsqu'on produit une dépression de 3,40 *kg*, la pression de marche étant de 4 *kg*. La modéralité peut donc s'exercer, au serrage, sur une étendue de 2,57 *kg*, tandis

qu'au desserrage, on a vu qu'elle peut s'exercer sur une étendue de 1,7 *kg*. Avec le distributeur modèle n° 2, le serrage pourra être gradué pour une dépression dans la conduite variant de 1,10 *kg* à 4 *kg*, soit sur une étendue de 2,90 *kg*. Avec le distributeur n° 3, pour une pression de marche de 4,5 *kg*, la modérabilité pourrait s'exercer sur une étendue de près de 4 *kg*.

La possibilité de graduer le serrage est donc plus considérable avec les appareils Soulerin qu'avec les autres appareils comparés.

III. — Dépense de vapeur.

188. — *Conditions dans lesquelles est faite la comparaison.* — La consommation de vapeur par la pompe est proportionnelle à la dépense d'air comprimé pour l'alimentation des appareils.

Cette alimentation est nécessitée par le remplacement des pertes occasionnées tant par les fuites, que par le fonctionnement régulier des freins. C'est seulement cette dernière portion de la dépense qu'il est possible d'évaluer et sur laquelle peut porter la comparaison suivante.

Pour faire cette comparaison, on supposera que, dans tous les appareils, le piston du cylindre à freins déplace dans sa course un volume de 6 *l* d'air, et on recherchera quelle serait la dépense par voiture et par arrêt, en admettant que la pression normale dans la conduite générale soit toujours de 4 *kg* effectifs.

189. — *Frein Westinghouse.* — Dans le frein Westinghouse, on a vu qu'il suffit de produire une perte légèrement supérieure à 1 *kg* pour faire appliquer les freins à fond, mais, en réalité, le mécanicien est obligé de produire une dépression bien supérieure. Si on se contente de prendre comme perte moyenne 0,75 *kg*, on se trouvera plutôt en dessous qu'en dessus de la vérité.

La dépense serait donc, pour la perte de 0,75 *kg*, dans la conduite, en litres d'air à la pression ordinaire, de . . . . 4,50 *l*,
et, pour la cylindrée, en admettant un espace nuisible de 1/10, de 6,1 *l* × la pression réelle, 4,16, soit. 25,40

Au total. . . . . 29,90 *l*.

190. — *Freins Carpenter, Schleifer et Wenger.* — Avec les freins Carpenter, Schleifer et Wenger, la dépense serait sensiblement la même. Le calcul suivant est fait pour le frein Wenger.

Pour un serrage à fond, il y aura :

1° Perte de toute la charge de la conduite, soit $4 \times 6 =$ 24 *l*

2° Perte de la cylindrée à la pression absolue de 5 *kg*, soit $5 \times 6 =$ 30

3° Perte de la pression réelle dans l'espace nuisible, soit $1\,l \times 4 =$ 4

EN TOUT. . . . . 58 *l*

Pour un serrage modéré, il y aura toujours :

1° Perte de 3 *kg* dans la conduite, ce qui correspond au serrage moyen, soit $3 \times 6 =$ . . . . . 18 *l*

2° Perte de la cylindrée, comme dans le serrrage à fond . 30

3° Perte de 3 *kg* dans l'espace nuisible 3

EN TOUT. . . . . 51 *l*

191.— *Freins Soulerin.*—L'appareil Soulerin avec le distributeur n° 1 dépensera pour un serrage à fond :

1° Perte de toute la charge dans la conduite, soit. . . 24 » *l*

2° Perte de la pression absolue dans la cylindrée et dans l'espace nuisible, comme dans le frein Westinghouse 25,40

SOIT EN TOUT. . . . 49,40 *l*

Pour un serrage modéré, la dépense serait de :

1° Perte de charge dans la conduite, 2 *kg*. . . . . 12 » *l*

2° Perte de la cylindrée, la moitié de la perte trouvée dans le cas du serrage à fond. 12,70

SOIT AU TOTAL. . . . 24,70 *l*

192. — *Résumé.* — En résumé, si l'on estime que sur 100 arrêts il en soit fait 10 avec serrage à fond, ce qui est beaucoup au-dessus de la réalité, et qu'il en soit fait 90 avec la pression moyenne des sabots, on obtient, pour la dépense moyenne, en litres d'air à la pression atmosphérique, par arrêt :

29,90 avec le frein Westinghouse,

51,70 avec le frein Wenger, et

27,17 avec le frein Soulerin (distributeur n° 1).

IV. — CONCLUSION.

193. — *Conclusions tirées des précédentes études.* — De l'examen qui vient d'être fait il ressort que dans les appareils Soulerin :

1° Le réglage du degré de sensibilité peut être fait avec beaucoup de précision, et avec uniformité, pour un nombre quelconque d'appareils. Un pareil réglage est très difficile, sinon impossible, dans les autres systèmes à distributeurs ;

2° La propagation de la dépression se fait avec plus de rapidite que dans les autres freins, ce qui augmente considérablement la puissance retardatrice des appareils, et par suite la rapidité de serrage, tout en réduisant les secousses ;

3° Le desserrage s'effectuera plus rapidement, puisque la quantité d'air à envoyer dans les branchements sera moindre ;

4° La modérabilité est plus étendue que dans les autres systèmes de freins, notamment pour la production du serrage ;

5° La dépense moyenne par arrêt est de 9 0/0, au moins, au-dessous de ce qu'elle est avec le système Westinghouse, et de 48 0/0 au-dessous de ce que dépense le frein Wenger, ou bien le frein Carpenter ;

6° Toute perte de charge dans la conduite, moindre que $\frac{S_a}{S_n}P$, valeur égale, dans le distributeur modèle n° 1, à près de **1/2** *kg* par centimètre carré, ne pourra déterminer la levée du clapet *a* et mettre le réservoir auxiliaire en communication avec les cylindres. L'établissement, dans un train, de signaux d'intercommunication au moyen de la conduite générale, pourra donc se faire sans qu'on ait à redouter que leur usage puisse faire appliquer les freins ;

7° On pourra, si l'on veut, faire usage de vases à diaphragmes dont l'étanchéité est presque parfaite, ce qui permettra de maintenir des pressions modérées pour la descente des longues pentes.

194. — *Remarque.* — Il est bon de faire observer *qu'une avarie quelconque survenue aux cylindres à freins, des freins Westinghouse et des freins Soulerin avec distributeurs n*os *1, 2 ou 4*, n'aurait d'autre inconvénient que celui d'annihiler le frein du véhicule sur lequel l'avarie se serait produite. L'emploi du distributeur Soulerin n° 2 avec un diaphragme au lieu d'un piston peut donc se faire sans aucun danger.

Au contraire, tout accident qui mettrait en communication avec l'air extérieur les cylindres Wenger, Schleifer et Carpenter aurait pour résultat de rendre impossible l'emploi du frein sur le train tout entier.

Appareils à fonctionnement rapide.

195. — *Comparaison du frein nouveau avec le frein Westinghouse.* — En ce qui concerne les distributeurs à fonctionnement rapide, le distributeur du système nouveau, décrit aux paragraphes **102** et suivants, offre sur la triple valve Westinghouse, dont il est parlé au paragraphe 95, les avantages suivants :

1° Au *serrage d'urgence* son action est au moins aussi rapide, puisque, d'une part, l'évacuation de l'air contenu dans la conduite générale se fait à l'extérieur, au lieu de se faire dans les cylindres à freins dans lesquels la pression équilibre bientôt celle de la conduite générale, et, d'autre part, le diamètre de celle-ci doit être plus grand dans le système Westinghouse, et, partant, le volume à écouler plus considérable ;

2° Au *desserrage*, la propagation se fait beaucoup plus vite, la conduite étant d'un plus petit volume et se remplissant par l'échappement des cylindres à freins, tandis que dans le frein Westinghouse, la conduite n'est alimentée que par une de ses extrémités ;

3° On peut, dans les arrêts intermédiaires, graduer le serrage à volonté, ce qu'il est encore plus difficile d'accomplir avec la triple valve à fonctionnement rapide Westinghouse, qu'avec la triple valve ordinaire.

196. — Comparaison du frein nouveau avec le frein Wenger. — Le distributeur à action rapide, système *Wenger*, dépend pour son fonctionnement de courses plus ou moins étendues et réglées par des ressorts et par des passages d'air au travers d'orifices de faible section. Tout en étant plus modérable que le frein Westinghouse, il l'est moins que le frein nouveau à action rapide. Au serrage d'urgence il doit agir avec autant de rapidité que celui-ci, mais le desserrage doit se faire aussi lentement qu'avec le frein Westinghouse.

L'établissement convenable et uniforme de la puissance des ressorts et des sections de petits orifices d'écoulement doit être très difficile, sinon impossible en pratique.

CHAPITRE IX

Freins à vide.

197. — *Appareils comparés et objets de la comparaison.* — L'examen comparatif ne sera établi qu'entre le frein nouveau et les *appareils Clayton*, exploités par la Compagnie anglaise *The Vacuum Brake C°*, ainsi que le *frein Eames*. Il portera :

1° Sur la rapidité du serrage et du desserrage ;

2° Sur la modérabilité ;

3° Sur la sécurité des appareils ;

4° Sur leur simplicité, leurs poids, la dépense et la facilité de leur entretien.

I. — Rapidité du serrage et du desserrage.

Serrage.

198. — *Volumes engendrés dans leur course par le piston du frein Clayton et par le diaphragme du vase à diaphragme.* — Étant donné que l'écartement moyen entre les sabots et les bandages des roues est de 1,2*cm*, et que le rapport des bras de levier de la timonerie est usuellement de 1 à 10, il en résulte que la course moyenne du piston ou du diaphragme sera de 12 *cm*. Le volume engendré par un piston de 400 *mm* de diamètre serait de 15 *l*, tandis que le volume engendré par un diaphragme de forme tronc-conique ne serait que de 10 *l* environ pour la même course et le même diamètre.

199. — *Quantités d'air à introduire dans la conduite générale.* — Il est évident que le serrage sera d'autant plus rapide que la quantité d'air à introduire dans la conduite générale, pour l'obtenir, sera moindre. Le mouvement des sabots commencera d'autant plus promptement que les frottements à vaincre seront plus faibles, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Pour plus de simplicité, on admettra dans cet examen que la conduite générale a toujours un diamètre intérieur de 25 *mm*, ce qui est possible avec le frein Soulerin et le frein Eames; ce diamètre est trop faible, au contraire, dans le cas du frein Clayton. L'erreur résultant de cette supposition sera, en tout cas, sans grande importance. Le volume moyen de la conduite d'un véhicule sera donc d'environ 6 litres.

Par chaque véhicule, la quantité d'air à admettre sera obtenue de la manière suivante :

1° *Frein Clayton.* — Le réservoir dans ce frein étant égal à 4 fois le volume engendré par le piston, soit de 60 *l*, la valeur de X sera égale à :

$$X = \left(1 + \frac{15}{60}\right) 0{,}3 = 0{,}475.$$

La pression de marche étant égale à 0,3, il en résulte que pour obtenir le contact des sabots avec les bandages des roues, il faudra introduire, *au moins*, par véhicule, une quantité d'air à la pression atmosphérique égale à :

$$6\,(0{,}475 - 0{,}3) + 15 \times 0{,}475 = 8{,}175\ l.$$

Le serrage complet exigera l'introduction de :

$$6\,(1 - 0{,}3) + 15 = 17{,}2\ l$$ à la pression atmosphérique.

2° *Frein automatique Eames.* — En considérant qu'on a ici :

$$X = 0{,}44,$$

comme dans le cas du frein Soulerin, et qu'il faut avoir une pression résultante d'au moins 2 *kg* agissant de haut en bas sur le clapet *q* (*fig. 24*), dont le diamètre est de 25 *mm*, pour assurer son application sur son siège, on trouve que la pression à introduire dans la conduite doit être élevée à :

$$0{,}44 + \frac{2 + 0{,}2}{S_q = 5} = 0{,}88,$$

la tension du ressort qui soulève *q* étant supposée égale à seulement 200 *g*.

Or la pression de marche est égale à 0,30 ; il en résulte qu'il faut introduire par chaque véhicule, au moins :

$$(0{,}88 - 0{,}30)\ 6 = 3,\ 48\ l$$

à la pression atmosphérique, pour commencer le serrage. L'appareil n'étant pas modérable, les sabots s'appliqueront à fond peu de temps après le commencement du serrage.

3° *Frein Soulerin.* — Dans le cas du frein Soulerin, avec le distributeur *modèle B*, le commencement de serrage sera obtenu par l'introduction de :

$$6\ (0{,}6 - 0{,}3) = 1{,}8\ l,$$

d'air à la pression atmosphérique, et le serrage à fond, par l'introduction de :

$$6\ (1 - 0{,}3) = 4{,}2\ l,$$

d'air à la pression atmosphérique.

Desserrage.

200. — *Frein Clayton.* — En faisant usage du frein Clayton, il faudra, après un serrage à fond, aspirer par la conduite générale, par chaque véhicule :

$$(6 + 15)\ (1 - 0{,}475) = 11\ l$$

d'air à la pression atmosphérique, rien que pour équilibrer les pressions exercées sur les deux faces du piston. Celui-ci ne se mettra en mouvement que lorsqu'on aura aspiré une nouvelle quantité d'air telle que les résistances de frottement de la tige contre sa garniture et du piston moteur puissent être surmontées.

Enfin, le desserrage ne pourra être complet qu'après une aspiration totale de :

$$(6 + 15)\,(1 - 0{,}3) = 14{,}7\ l,$$

à la pression atmosphérique, par chaque véhicule du train.

201. — *Frein Eames.* — Avec le frein Eames, le desserrage exigera l'aspiration, par la conduite générale, d'un volume d'air à la pression atmosphérique égal à :

$$6\left(1 - 0{,}44 + \frac{3}{78}\right) = 3{,}12\ l.$$

Dans cette expression, le terme $\frac{3}{78}$ correspond à la pression nécessaire pour soulever le système mobile, dont le poids est d'environ 3 *kg*, la surface du diaphragme *d (fig. 24)* étant de 78 cm^2 environ.

202. — *Frein Soulerin.* — Le desserrage complet s'obtiendra dans le frein Soulerin en aspirant, par chaque véhicule, un volume d'air à la pression atmosphérique égal à :

$$6\left\{1 - \frac{(95 - 16)\,0{,}44 + 15}{95}\right\} = 2{,}82\ l.$$

Remarques.

203. — *Avantage du frein Soulerin sur le frein Clayton, au point de vue de la rapidité d'action.* — De ce qui précède, il résulte que l'action du frein Soulerin est beaucoup plus rapide que celle du frein Clayton. Il faut, en effet, introduire dans celui-ci pour produire le serrage, et en extraire, pour produire le desserrage, une quantité d'air environ *quatre fois plus considérable que dans le cas du frein Soulerin*.

204. — *Influence des branchements.* — L'influence des branchements se fait sentir dans les freins à vide comme dans les freins à air comprimé.

Dans les freins Eames et Soulerin, le volume d'air à faire passer par les branchements est très faible relativement à celui qui doit passer dans le frein Clayton.

En effet, dans celui-ci il peut atteindre jusqu'à **16** *l* en moyenne, tandis que dans les autres freins il est à peine de **200** cm^3.

II. — Modérabilité.

205. — *Frein Clayton.* — On a vu, au § 199, que la valeur de X est de 0,475 P_a ; pour obtenir un commencement de serrage, il faut donc porter dans la conduite générale, la pression, au moins à 0,55 P_a, tant pour vaincre les résistances de frottement que le poids de la timonerie, en sorte que la modérabilité peut s'exercer entre les limites de $z = 0{,}55\ P_a$ et $z = P_a$.

206. — *Frein Soulerin.* — Le distributeur *modèle B* donne, pour la modérabilité, exactement les mêmes limites que dans le cas du frein Clayton. Ces limites pourraient encore être plus étendues en donnant au réservoir auxiliaire un plus grand volume.

207. — *Frein Eames.* — Dans le cas du frein Eames, la modérabilité n'est obtenue que par l'addition d'une seconde conduite générale, et de ses accouplements, ainsi que d'un second appareil distributeur.

III. — Sécurité des appareils.

208. — *Frein Clayton.* — Dans le frein Clayton, la tige de commande de la timonerie passe au travers de la garniture d'un presse-étoupes, *dont l'étanchéité doit être assurée pendant toute la marche du train.* Cette condition entraîne l'établissement de cylindres oscillants qu'on ne peut relier à la conduite générale qu'au moyen de boyaux flexibles en caoutchouc et sujets à se détériorer.

Une rentrée d'air s'opérant par l'un quelconque de ces tubes détruit l'efficacité du frein sur le train tout entier. Une avarie survenue soit à la garniture des presse-étoupes, soit au plateau inférieur du cylindre à freins entraîne également la destruction de l'efficacité du frein sur le train tout entier et peut, en outre, déterminer des arrêts intempestifs au moment où elle se produit.

209. — *Frein Soulerin.* — Les appareils Soulerin ne comportent aucun joint autour duquel il y ait besoin d'empêcher le passage de l'air.

La rupture d'un diaphragme de vase à freins n'entraînerait aucune conséquence grave ; il en résulterait seulement que le frein ne s'appliquerait plus sur le véhicule où la rupture se serait produite, le fonctionnement des appareils de tous les autres véhicules continuant à s'effectuer normalement.

Le tube qui relie la conduite générale au distributeur est métallique et par conséquent peu exposé à crever

Le frein Soulerin offre donc plus de sécurité que le frein Clayton.

210. — *Remarques sur l'étanchéité des appareils.* — Dans un très intéressant travail sur le frein à vide automatique comparé avec les autres freins continus, M. R. Bonnin a prétendu que l'on pouvait obtenir une étanchéité de beaucoup supérieure à celle que permettent d'obtenir les diaphragmes, en faisant usage du frein Clayton avec anneau roulant.

M. Bonnin a invoqué à l'appui de son affirmation les essais effectués avec le frein à vide automatique, système Clayton, le 26 mars 1888, sur le chemin de fer du Saint-Gothard, entre Göschenen et Erstfeld, et dont il donne le tableau ci-dessous, duquel il semble conclure que pendant un parcours de 1 heure 26 minutes, les freins auraient toujours été appliqués et le vide n'aurait baissé que de 7 *cm* dans les réservoirs, et de 5 *cm* dans la conduite :

Stations.	Heures.	Vide du réservoir en *cm* de mercure.	Vide de la conduite en *cm* de mercure.
Göschenen.....	6,42	48	48
—	6,45	45	34
—	6,50	44	39
—	6,55	41	34
—	7,00	41	30
Wassen.....	7,03	»	»
—	7,05	47	47
—	7,10	39	32
—	7,15	39	27
—	7,20	38	26
—	7,25	38	28
Gurtnellen.....	7,30	47	42
—	7,35	42	35
—	7,40	41	34
—	7,45	41	29
—	7,50	41	28
Amsteg.....	7,52	43	32
—	7,55	40	34
—	8,00	44	43
—	8,05	38	29
Erstfeld.....	8,08	51	52

Les conclusions de M. Bonnin ne sont point justifiées, ainsi qu'il résulte d'un simple examen du tableau. Il est, en effet, évident qu'entre 7 heures et 7 heures 5 minutes, on a produit un desserrage, puisque le vide est remonté à 47 *cm* dans la conduite aussi bien que dans le réservoir ; entre 7 heures 25 minutes et 7 heures 30 minutes, il s'est effectué un second desserrage ; entre 7 heures 50 minutes et 7 heures 52 minutes on a desserré une troisième fois ; entre 7 heures 55 minutes et 8 heures on a desserré une quatrième fois ; et qu'enfin un dernier desserrage a été effectué à 8 heures 5 minutes.

Ces expériences auraient donc seulement démontré :

1° Que de 6 heures 45 minutes à 7 heures, soit en 15 minutes, le vide se serait abaissé de 4 *cm* dans le réservoir ainsi que dans la conduite ;

2° Que de 7 heures 10 minutes à 7 heures 20 minutes, le vide serait descendu de 1 *cm* seulement dans le réservoir et de 6 *cm* dans la conduite ;

3° Que de 7 heures 35 minutes à 7 heures 50 minutes, le vide serait descendu de 1 *cm* dans le réservoir et de 7 *cm* dans la conduite ;

4° Que de 7 heures 52 minutes à 7 heures 55 minutes, la perte de vide aurait été de 3 *cm* dans le réservoir ;

5° Qu'entre 8 heures et 8 heures 5 minutes, la perte de vide aurait été de 6 *cm* pour le réservoir.

En résumé, cette expérience, quoique démontrant parfaitement la possibilité de maintenir pendant un temps assez long l'application des freins, fait voir que la perte de vide n'est pas inférieure à 1 *cm* de mercure par minute.

En effet, si, par exemple, entre 6 heures 55 minutes et 7 heures comme entre 7 heures 40 minutes et 7 heures 50 minutes, elle paraît nulle, les variations données pour le vide de la conduite, donnent lieu de supposer qu'entre les moments d'observation, on a bien effectué des desserrages et des serrages successifs.

L'emploi des diaphragmes en toiles caoutchoutées permet d'obtenir une plus grande étanchéité que celle qui est indiquée pour le frein Clayton : en effet, il est très facile d'arriver à ne perdre en moyenne que 1 *cm* de mercure de vide par *5 minutes et souvent par 10 minutes*, ainsi que l'ont démontré des expériences récentes dans lesquelles il a fallu deux jours pour abaisser le vide de 30 *cm* à 15 *cm*.

En tous cas, le distributeur Soulerin peut être employé avec

un cylindre à freins quelconque, comme le montre la figure 43, au lieu d'un vase à diaphragmes. Ce cylindre peut être, du reste, soit à anneau roulant, soit à garniture emboutie.

IV. — Simplicité des appareils, poids des différents organes, dépense et facilité de l'entretien.

Simplicité.

211. — *Frein Clayton.* — *La soupape à boulet* du frein Clayton comprend deux pièces mobiles, dont, il est vrai, une seule, le clapet sphérique, se meut en fonctionnement normal.

Le cylindre, qui oscille lui-même autour de tourillons, se compose de deux parties mobiles et qui sont jusqu'à un certain point indépendantes l'une de l'autre, le piston et l'anneau roulant ; il y a, en plus, la garniture frottante du presse-étoupes au travers duquel passe la tige de commande de la timonerie. La non-étanchéité de cette garniture peut arrêter, ainsi qu'il a été dit plus haut, le fonctionnement des appareils sur le train tout entier.

212. — *Frein Soulerin.* — Le distributeur du frein Soulerin comporte également deux pièces mobiles. Dans le vase à diaphragme, le diaphragme seul est mis en mouvement et il n'y a aucune surface frottante ou garniture. Le frein Soulerin est incontestablement plus simple que le frein Clayton.

Poids des appareils.

213. — *Poids des freins Clayton et des freins Soulerin.* — Il est facile de se rendre compte que des appareils d'une même puissance de serrage devront être plus lourds avec le système Clayton qu'avec le frein Soulerin. En effet, dans le frein Clayton, le piston métallique, d'un grand diamètre et avec de hauts rebords, pèse beaucoup plus qu'un simple diaphragme avec ses plaques d'attache. Il y a aussi un cylindre alésé d'un poids considérable, un fond inférieur, avec presse-étoupes, des contreforts pour recevoir les tourillons et les supports dans lesquels ceux-ci doivent osciller ; en outre, comme les quantités d'air qui doivent circuler pour actionner les freins sont considérables, il y a nécessité pour obtenir un fonctionnement convenable, de faire usage de conduites générales d'un plus grand diamètre.

En réalité, les poids des appareils moteurs de même puissance de serrage sont par véhicule :

1° Avec le frein Clayton :

Cylindre à cloche avec son piston et sa tige	117 *kg*
Tuyaux de conduite.	44 —
Accouplements et bouchons	9 —
TOTAL	170 *kg*

2° Avec le frein Soulerin :

Distributeur et réservoir	30 *kg*
Vase à diaphragme et tige de commande	30 —
Conduite.	20 —
Accouplements et bouchons.	5 —
TOTAL.	85 *kg*

soit juste la moitié du poids des appareils Clayton.

Dépense et facilité de l'entretien.

214. — *Frein Clayton.* — Les organes qu'il y aura lieu de remplacer le plus souvent dans le frein Clayton sont :

L'anneau roulant en caoutchouc ;

La garniture du presse-étoupes ;

Et le tube en caoutchouc qui raccorde le cylindre à freins à la conduite générale.

En tous temps il y aura lieu de veiller à ce que l'anneau roulant et la garniture soient lubrifiés avec de la plombagine.

215. — *Frein Soulerin.* — Le seul organe sujet à usure, dans le frein Soulerin, est le diaphragme dont le remplacement n'aura pas à être plus fréquent que celui de l'anneau roulant du frein Clayton. Le coût du diaphragme est sensiblement le même que celui de l'anneau roulant ; son remplacement est des plus faciles et nécessite à peine une demi-heure de travail, tandis que, tant qu'il n'est pas crevé, son entretien est absolument nul, n'exigeant aucun lubrifiant.

Il résulte d'une longue expérience faite notamment au chemin de fer du Nord français, où les installations de freins à vide, quoique remontant déjà à une époque relativement éloignée, dénotent une connaissance approfondie de la question dans ceux qui les ont dirigées, que la durée moyenne d'un diaphragme est de plus de trois années.

Les dépenses d'entretien seront donc moins considérables avec le frein Soulerin qu'avec le frein Clayton.

V. — Conclusion.

216. — *Conclusions tirées de ce qui précède.* — De l'examen qui précède, il résulte que dans le nouveau système de frein :

1° Le serrage et le desserrage sont plus rapides que dans les autres systèmes, et qu'il faut introduire ou aspirer *quatre fois moins d'air* qu'avec le frein de la « Vacuum Brake C° » ou frein Clayton ;

2° La modérabilité peut être aussi étendue que dans le frein Clayton. La modérabilité avec le frein Eames n'est obtenue que par la juxtaposition d'une seconde conduite générale et d'un second appareil distributeur ;

3° Les appareils sont plus simples que dans le frein Eames et le frein Clayton ;

4° La sécurité du fontionnement est plus grande qu'avec le frein Clayton ;

5° Le poids des appareils est la moitié de celui des appareils du frein Clayton :

6° L'entretien est moindre que dans ce dernier, tout en étant au moins aussi facile.

CHAPITRE X

Comparaison entre les freins à vide et les freins à air comprimé.

I. — Freinage des trains de longueur ordinaire.

217. — *Objets de la comparaison.* — Les appareils seront examinés aux points de vue :

1° De la possibilité d'augmenter l'énergie du serrage ;

2° De la rapidité de l'action ;

3° De la simplicité et du poids des appareils, ainsi que de la dépense de leur entretien.

Possibilité d'augmenter l'énergie du serrage.

218. — *Freins à air comprimé.* — La pression de marche, qui est actuellement de 4 *kg* peut, sans inconvénient, être élevée, en cas de besoin, à 5 *kg*.

Il est, en outre, possible de raréfier l'air de la conduite générale dans laquelle la pression peut être abaissée à environ

0,5 *kg* au-dessous de la pression atmosphérique. Ce résultat s'obtiendrait par l'addition d'un réservoir spécial, dans lequel on maintiendrait, pendant la marche et par un moyen quelconque, un certain degré de raréfaction. Lorsqu'on voudrait effectuer le serrage à fond, on mettrait en communication ce réservoir et la conduite générale dès que la pression dans celle-ci se serait suffisamment approchée de la pression atmosphérique.

On aurait, de cette façon, un *frein direct à vide* dont l'action serait ajoutée à celle d'un *frein automatique à air comprimé*.

Les freins *Carpenter* et *Schleifer* décrits aux §§ 22 et suivants, n'auraient à subir aucune modification pour fonctionner de la sorte. Les freins *Soulerin* avec distributeurs, modèles nos 1 et 2, ne pourraient être utilisés qu'à la condition d'ajouter aux cylindres ou vases à freins une seconde chambre avec un joint autour de la tige de commande de la timonerie. Cette seconde chambre devrait communiquer avec la conduite générale par un branchement spécial contenant une soupape pour empêcher l'air de pénétrer de la conduite générale dans la chambre, tout en permettant à l'air contenu dans celle-ci de se rendre dans la conduite générale. La réintroduction de la pression dans la conduite générale actionnerait cette soupape de façon à mettre la seconde chambre en communication avec l'extérieur.

En conséquence :

1° En augmentant seulement la pression de marche P, et l'élevant à 5 *kg*, on augmenterait l'énergie du serrage. La valeur de X qu'on a trouvée, au § 59, égale à 3,24 *kg* pour P = 4, serait, grâce à cette augmentation de P, égale à 4,1 *kg*. Les deux valeurs de X seraient donc comme 1 est à 1,25;

2° En maintenant P = 4 *kg* et en raréfiant l'air de la conduite générale de façon à abaisser sa pression à 0,5 *kg* au-dessous de la pression atmosphérique, la valeur de X serait égale à celle trouvée au § 59, augmentée de 0,5, soit de 3,79 *kg;*

3° Enfin, en portant P à 5 *kg* et en faisant simultanément le vide dans la conduite générale, on obtient, pour X, une valeur égale à 4,1 + 0,5 = 4,6 *kg*.

L'énergie de serrage serait donc, dans ce cas, 1,42 fois celle qui est obtenue avec la pression normale et avec l'air comprimé seul.

219. — *Freins à vide.* — Avec les freins à vide automatiques, il

est impossible d'augmenter la puissance du serrage si ce n'est en introduisant dans la conduite générale de l'air comprimé dont la tension ne pourrait guère dépasser que de 0,5 *kg* la pression atmosphérique; ce qui permettrait encore de *doubler* l'énergie du serrage.

Dans le cas du frein *Clayton*, il y aurait lieu d'introduire, dans le presse-étoupes, une seconde garniture autour de la tige de commande.

Dans le cas du frein *Soulerin*, il faudrait ajouter, comme pour le frein à air comprimé, une seconde chambre au vase à diaphragme. Cette chambre devrait communiquer avec la conduite générale par un branchement. On établirait sur ce branchement un appareil valvulaire qui empêcherait tout mouvement de l'air de la seconde chambre vers la conduite générale, tout en permettant la circulation en sens inverse dès que la pression dans la conduite générale approcherait suffisamment de la pression atmosphérique. La raréfaction de l'air dans la conduite générale aurait pour effet, au contraire, de faire communiquer la seconde chambre du vase à frein avec l'air extérieur vers lequel s'échapperait l'air comprimé qui y aurait pénétré.

L'appareil, ainsi modifié, serait un *frein à vide automatique*, dont l'action serait ajoutée à celle d'un frein à *air comprimé à action directe*.

220. — *Résumé.* — En résumé, avec les appareils moteurs, tels qu'ils sont usuellement employés et sans modification, les freins à air comprimé se prêtent mieux que les freins à vide à une augmentation de l'énergie de serrage. Lorsque l'on superpose l'action du vide à celle de l'air comprimé, l'avantage est de beaucoup en faveur des freins à vide.

Rapidité d'action.

221. — *Serrage.* — Des expériences faites sur les chemins de fer de l'État français il résulte que, dans les freins à vide *Clayton*, l'effort maximum de serrage a été obtenu, sur la voiture observée, un peu plus rapidement qu'avec le frein Westinghouse.

De nouveaux essais faits sur le Saint-Gothard en mars 1888, en même temps que ceux dont il est question au § 211, ont donné des résultats analogues. Le serrage maximum exigeait

deux secondes avec le frein Westinghouse pour s'effectuer sur le *dixième* véhicule; avec le frein Clayton, il était obtenu dans le même espace de temps sur la *onzième* voiture.

Donc, si l'on considère que l'action est plus rapide, ainsi qu'on l'a vu plus haut, avec le frein *Soulerin* qu'avec le frein *Clayton*, on peut conclure que les *freins à vide* doivent agir au serrage plus rapidement que les *freins à air comprimé*.

222. — *Desserrage.* — Dans les expériences du Saint-Gothard, dont il vient d'être parlé, on a constaté que le desserrage complet de la *dixième* voiture a exigé, en moyenne, douze secondes avec le frein *Westinghouse*, et quatorze secondes avec le frein *Clayton*.

Avec le frein *Soulerin*, on pourrait faire usage d'un réservoir de vide établi sur la machine, étant donné le faible volume d'air à aspirer pour produire le desserrage qui serait ainsi considérablement accéléré.

223. — *Résumé.* — En résumé, on peut affirmer que, au point de vue de la rapidité d'action, tant au serrage qu'au desserrage, les freins à vide du nouveau système peuvent agir plus rapidement que les freins à air comprimé.

SIMPLICITÉ ET POIDS DES APPAREILS ET DÉPENSE DE LEUR ENTRETIEN.

224. — *Simplicité.* — Les appareils moteurs placés sur les véhicules sont incontestablement aussi simples dans les freins à vide que dans les freins à air comprimé, tandis que les organes spéciaux, éjecteurs et autres, montés sur la machine, sont plus simples dans les freins à vide que les pompes de compression et autres, relatives aux freins à air comprimé. En sorte que, dans l'ensemble, les freins à vide sont certainement plus simples que les freins à air comprimé.

225. — *Poids des appareils.* — On a vu au § 214 que les freins à vide du nouveau système ne pèsent, en moyenne, que 88 *kg* par véhicule. Des appareils à air comprimé *avec vases à diaphragme* seraient à peu près du même poids. Des appareils à air comprimé *avec cylindre à freins* atteindraient un poids total de 130 *kg* environ.

226. — *Dépense de vapeur et d'entretien des appareils.* — La dépense et la facilité d'entretien est sensiblement la même pour les freins à air comprimé que pour les freins à vide, en ce qui

concerne les appareils moteurs proprement dits et la dépense de vapeur.

Mais la pompe de compression exige beaucoup plus de soins que l'éjecteur et les boyaux de raccord, ainsi que tous les joints en général, se détériorent plus vite dans les freins à air comprimé que dans les freins à vide.

En sorte que, bien que la dépense d'entretien soit assez minime dans tous les cas, elle sera cependant plus importante dans le cas des freins à air comprimé que dans celui des freins à vide.

Conclusions

227. — *Conclusions.* — De tout ce qui vient d'être dit, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Sans introduire de changement dans les appareils ni de modifications dans le fonctionnement, on peut facilement accroître l'énergie du serrage dans les freins à air comprimé; mais il ne faut pas oublier que cet accroissement est obtenu aux dépens de la rapidité de propagation du serrage, ainsi qu'il résulte de la remarque du § 97;

2° En superposant l'action par le vide à l'action par l'air comprimé et *vice versa*, on peut doubler la puissance de serrage du frein à vide et augmenter de 40 0/0 seulement celle du frein à air comprimé;

3° L'action peut être rendue plus rapide avec les freins à vide qu'avec les freins à air comprimé, aussi bien au serrage qu'au desserrage, notamment par l'introduction, lorsqu'elle est possible, d'un réservoir de vide sur la machine ou sur le tender;

4° Le poids des appareils à vide est, en général, moindre que celui des appareils à air comprimé et l'entretien en est moins coûteux.

II. — Freinage des trains de marchandises.

228. — *Conditions pratiques à réaliser.* — Le freinage des trains de marchandises, quoique possible en théorie, ne peut être réalisé qu'autant qu'il n'entraînera pas de frais de premier établissement trop considérables et que les appareils moteurs employés seront robustes et d'une manœuvre simple et facile.

Il y a donc lieu d'examiner si le freinage ne peut pas être obtenu sans qu'on ait à recourir à l'emploi d'appareils distributeurs spéciaux, tels que ceux qui ont été décrits aux §§ 94 et suivants ou celui qui est représenté par la figure 42.

A un autre point de vue, la timonerie devra être établie de telle façon que l'effort soit toujours à peu près proportionné à la charge qui est elle-même essentiellement variable dans un train de marchandises dont plusieurs véhicules circulent souvent vides.

Mais il est encore évidemment bien plus important de la disposer de telle façon que la course des pistons moteurs doit être aussi faible que possible, afin que la quantité d'air à mettre en mouvement soit elle-même la plus petite possible.

Actuellement, l'arrêt des trains de marchandises exige un temps assez long, un personnel nombreux et se fait dans de mauvaises conditions pour le matériel roulant. Si on pouvait soumettre la marche de ces trains à l'action de freins continus suffisamment rapides pour produire, à la volonté du mécanicien, des ralentissements et des arrêts, sans faire éprouver de chocs au matériel, il en résulterait déjà un progrès fort important et dont la réalisation est loin d'être impossible.

Il est, en effet, résulté des essais faits à Burlington en 1886 (voir *Railroad Gazette* de 1886, p. 523, au bas de la troisième colonne), qu'il a suffi d'un peu d'expérience de la part des mécaniciens pour obtenir avec des trains de 50 véhicules dont quelques-uns étaient chargés et d'autres traînés à vide, des arrêts complets en 150 *m* avec des vitesses de 32 *km* à l'heure, et en 450 *m* avec des vitesses de 64 *km*, sans produire aucun choc sensible sur le dernier véhicule

229. — *Importance de l'emploi d'appareils moteurs modérables.* — On sait que pour produire des arrêts dans les meilleures conditions possibles, il faudrait pouvoir freiner instantanément tous les véhicules d'un train, ou du moins les saisir en un temps suffisamment court pour détruire toutes les réactions qui pourraient se produire sur les attelages et donner naissance à des chocs violents.

Ces réactions sont d'autant plus à redouter dans les trains de marchandises, qu'il est impossible d'y employer des attelages rigides, et que ces trains se composent d'un très grand nombre de véhicules.

On a vu, en effet, qu'avec les freins à air comprimé (§ 186), la durée t'_n nécessaire à la propagation du serrage entre le $n^{ième}$ et le $(n+1)^{ième}$ véhicule est égale à $(2n+1)\theta$, θ étant le temps requis pour la propagation du serrage entre le premier et le deuxième véhicule. Or, lorsque, par exemple, $n = 49$, t'_n est égal à 97θ ; il est

donc important, dans ce cas, que les ralentissements causés par l'application des freins aux vitesses des véhicules occupant des rangs quelconques n et $(n+1)$, diffèrent toujours entre eux, le moins possible, et que le serrage se transmette de proche en proche comme par couches superposées. Ce résultat ne peut s'obtenir qu'au moyen d'appareils modérables.

Par appareils modérables, il faut donc entendre, ainsi qu'il a été déjà dit au § 187, ceux qui, non seulement permettent de graduer à volonté le serrage, mais surtout ceux qui ne produisent le serrage à fond qu'en passant par tous les efforts intermédiaires du serrage, quelque rapide que soit ce passage, en sorte que la différence dans les efforts des serrages exercés sur deux véhicules consécutifs soit la plus petite possible.

230. — *Moyens d'accélérer la vitesse de propagation du serrage avec des distributeurs ordinaires.* — Afin de rendre possible l'application de distributeurs ordinaires au freinage des trains de marchandises, il est donc utile d'accélérer la propagation de la dépression ou de la pression, selon le cas, dans la conduite générale, ce qui peut s'obtenir en établissant les distributeurs sur celle-ci, sans branchements, et en recourant à l'un des moyens suivants :

1° *Avec les freins à air comprimé automatiques.* — De la remarque du § 97 il résulte, et l'expérience l'a confirmé, que la vitesse de propagation de la dépression est d'autant plus faible que P est plus grand par rapport à la pression p du milieu vers lequel se fait l'écoulement.

En effet, si la vitesse d'écoulement augmente avec la différence $P - p$, le poids d'air débité est loin de croître aussi rapidement que les vitesses.

On peut donc accélérer la vitesse de propagation de la dépression en faisant écouler l'air de la conduite générale dans un réservoir spécial, dans lequel cet écoulement produirait une contrepression dont l'importance pourrait être réglée à volonté et de façon à arriver aux meilleurs résultats possibles.

2° *Avec les freins à vide automatiques.* — Étant donné que le débit croît avec la différence $P - p$, il est évident qu'on peut accélérer la vitesse de propagation de la pression en augmentant P.

Il en résulte qu'au lieu de puiser directement dans l'atmosphère l'air qui doit pénétrer dans la conduite générale, pour y produire

le serrage, on a avantage à le puiser dans un réservoir spécial d'air comprimé, produit par une pompe de compression.

Inversement, pour produire le desserrage, on pourrait faire usage d'un réservoir de vide dans lequel on dirigerait l'air de la conduite générale. On aurait ainsi, dans le cas des freins à vide, une puissance accumulée qui permettrait d'effectuer le desserrage aussi rapidement qu'on pourrait le désirer, rapidité qui dépendrait de la grandeur du réservoir et du degré de vide qui y est entretenu.

231. — *Remarque.* — Les conclusions 3° et 4° du § 227 peuvent également être tirées de ce qui précède. En sorte que, pour le freinage des trains de marchandises, il semble que la préférence doive également être donnée au *frein à vide* sur le *frein à air comprimé.*

TABLE DES MATIÈRES

CINQUIÈME PARTIE

Examen comparatif des différents systèmes de freins pneumatiques. — Préliminaires 46
Distributeur à vide, *modèle B* 46
Distributeur à fonctionnement rapide 47

CHAPITRE VIII

Freins à air comprimé 48
I. — Rapidité d'action 48
Uniformité dans la sensibilité des distributeurs 48
Rapidité de propagation de la dépression dans la conduite générale 51
II. — Modérabilité 53
III. — Dépense de vapeur 54
IV. — Conclusions 55
Appareils à fonctionnement rapide 56

CHAPITRE IX

Freins à vide 57
I. — Rapidité du serrage et du desserrage :
Serrage 58
Desserrage 59
Remarques 60
II. — Modérabilité 61
III. — Sécurité des appareils 61
IV. — Simplicité des appareils, poids des différents organes, dépenses et facilité de l'entretien :
Simplicité 64
Poids des appareils 64
Dépense et facilité de l'entretien 65
V. — Conclusion 66

CHAPITRE X

Comparaison entre les freins à vide et les freins à air comprimé :
I. — Freinage des trains de longueur ordinaire 66
Possibilité d'augmenter l'énergie du serrage 66
Rapidité d'action 68
Simplicité et poids des appareils et dépense de leur entretien 69
II. — Freinage des trains de marchandises 70

MÉMOIRE SUR LES TRAVAUX

DU

CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

DE 1889

PAR

M. L. BOUDENOOT

MESSIEURS,

J'ai l'honneur de faire hommage à la Société des Ingénieurs civils, au nom du bureau du Congrès international de mécanique appliquée, de l'opuscule qui contient les procès-verbaux sommaires des séances du Congrès ; et, à cette occasion, je vous entretiendrai de l'œuvre du congrès de mécanique.

Elle est vôtre, en grande partie, messieurs, et la Société des Ingénieurs civils a été si brillamment représentée dans les travaux de ce Congrès, que vous pouvez, à bon droit, réclamer une large part de l'honneur et du mérite qui pourront s'attacher à son œuvre.

Pour vous montrer que l'on est autorisé à parler ainsi, il me suffira de vous citer les détails suivants :

Le Comité d'organisation du Congrès international de mécanique appliquée comptait 28 membres, dont 19 font partie de la Société des ingénieurs civils.

Le Bureau du comité a compté finalement sept membres, dont six de la Société des ingénieurs civils.

Les trois vice-présidents étaient MM. *Gottschalk*, *Farcot* et *Ponceau*, c'est-à-dire deux de nos anciens présidents et l'un de nos vice-présidents actuels.

Le président du Congrès a été l'éminent et regretté M. *Phillips* ; et pour le remplacer dans la direction des travaux qui restent à exécuter, tant au point de vue de la suite à donner aux vœux émis par le Congrès, qu'au point de vue des publications qu'il y a à faire paraître, l'on a fait choix de M. *Gottschalk*, ancien président de la Société des Ingénieurs civils.

Les trois secrétaires du Congrès sont trois membres de notre Société, MM. *Alfred Tresca*, *de Nansouty* et *Boudenoot* ; et vous

n'ignorez pas que dans les congrès, commissions et autres réunions semblables, c'est aux secrétaires, et par suite, dans le cas présent, à des ingénieurs civils, qu'incombe une grande partie de la besogne.

Je ne parlerai pas de moi, envers qui le président du Congrès a été trop flatteur en disant que j'avais été la cheville ouvrière du Congrès ; mais de MM. *Tresca* et *de Nansouty*.

M. *de Nansouty* a non seulement pris part au Congrès de mécanique, mais encore aux travaux de la commission générale du génie civil et des travaux publics, dans laquelle il a fourni un concours très précieux à la préparation de tous les congrès.

Quant à M. *Tresca*, c'est à lui que nous devons presque entièrement la rédaction très remarquable, et si difficile à faire, de nos procès-verbaux ; et c'est lui encore qui poursuit actuellement la publication très volumineuse du compte rendu *in extenso* des mémoires, rapports, communications et discussions du Congrès de mécanique.

Je rappellerai ensuite que le programme du Congrès comportait neuf questions principales, dont six sujets soumis à la discussion et trois sujets à traiter sous forme de conférence.

Sur les neuf rapporteurs de ces questions, sept étaient des ingénieurs civils.

Enfin, vous pourrez constater, à la lecture des procès-verbaux, que plus des trois quarts des communications faites au Congrès émanent d'ingénieurs civils, et que ces derniers ont pris la part la plus considérable aux diverses discussions qui se sont déroulées en séances.

Les séances du Congrès ont eu lieu au Conservatoire des Arts et Métiers. Il y a eu sept séances générales et à peu près autant de séances spéciales pour chacune des trois sections entre lesquelles avaient été répartis les travaux.

Le nombre des membres du Congrès de mécanique s'est élevé à 335, dont 241 Français, 3 Alsaciens et 91 étrangers (Belges, Russes, Italiens, Autrichiens et Hongrois, Anglais, Hollandais, Espagnols, Suisses, Américains).

Douze gouvernements se sont fait représenter par des délégués.

A la première séance, le Congrès a élu président M. Phillips, et nommé membres du Bureau du Congrès les membres du bureau du comité d'organisation, auxquels ont été adjoints divers membres français et étrangers.

Le bureau du Congrès s'est ainsi trouvé constitué de la manière suivante :

Président : M. Phillips.

Vice-présidents : MM. Gottschalk, Farcot, Polonceau (*France*), Radinger (Autriche), Kraft (Belgique), Almgreen (Suède).

Vice-présidents honoraires : MM. de Comberousse, Haton de la Goupillière et Hirsch (*France*), Hirn (*Alsace-Lorraine*), Bramwell, Cochrane et Douglas-Galton (*Grande-Bretagne*), le général de Menabrea (*Italie*), Petroff et Belelubsky (*Russie*), Michaëlis (Pays-Bas).

Secrétaires : MM. Tresca (Alfred), de Nansouty et Boudenoot ; puis MM. Anthoni, Compère, Gouilly, Lattès, Marié, Pinget et Vallot.

Aussitôt après la constitution du Bureau, les membres du Congrès se sont répartis en trois Sections.

Travaux de la première Section.

La première Section a eu à traiter toutes les quessions qui se rattachent aux sujets suivants :

Unification du cheval-vapeur (spécification de la puissance des générateurs de vapeur ; Rendement).

Machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs.

Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878.

Ces trois sujets avaient été inscrits longtemps à l'avance dans le programme du Congrès, et ont fait l'objet d'importants rapports rédigés par MM. *Alfred Tresca*, *Mallet* et *Polonceau*.

Parmi les questions exposées et discutées au sein de la première Section, je citerai tout d'abord un travail de M. *Dwelshauvers-Dery*, sur les *Moyens d'économiser la vapeur dans les machines à un seul cylindre*.

Le savant professeur de Liège pose ce principe : que le maximum d'économie est obtenu lorsque la vapeur, à la fin de la détente, est sèche et saturée ou légèrement surchauffée. Dans ce cas, l'action malfaisante des parois pendant l'échappement se trouve réduite à un minimum.

En définitive, c'est la surchauffe que M. Dwelshauvers-Dery considère comme le plus généralement applicable.

Au cours de la discussion qui s'est engagée sur ce mémoire, il a été exposé des détails et des aperçus fort intéressants qu'on lira avec fruit dans le procès-verbal rédigé avec une clarté et une précision remarquables par M. *Haton de la Goupillière*, président

de la Section, détails qu'il serait trop long de développer dans ce compte rendu sommaire.

M. *Dubost* a fait ensuite une communication qui a excité un vif intérêt sur sa méthode de construction d'une *épure*, rigoureusement exacte, pour la distribution par tiroir unique, lorsque l'on tient compte de l'obliquité de la bielle.

M. *de Quillacq* a fait connaître la nouvelle disposition de la machine Wheelocq, type 1885, qu'il construit à Anzin.

M. *Raffard* a exposé les divers résultats de ses études sur les organes fondamentaux de la machine à vapeur : bielle, manivelle, arbre, volant ; et le Bulletin technologique de la Société des Anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers publie, précisément ce mois-ci, ces intéressantes études.

M. *de Landsée* a décrit un nouveau type de machines à vapeur accouplées, qu'il appelle *Compound français*, et expliqué comment, d'après lui, un moteur accouplé à deux cylindres d'égal diamètre, conserve l'avantage du compound à deux cylindres inégaux, tout en esquivant ses inconvénients, notamment la difficulté du démarrage.

M. *Bonjour* a présenté un travail remarquable sur un nouveau procédé de commande des tiroirs de distribution au moyen de l'orientation facultative du collier d'excentrique. Ce procédé permet de faire varier l'admission dans des limites aussi étendues que possible, par la seule action du régulateur ; certains diagrammes indiquent une variation d'admission entre 0 et 70, sans qu'on voie varier sensiblement la compression et l'avance à l'échappement.

M. *Richard*, après avoir rappelé l'utilité des enregistreurs dans l'industrie, a décrit un appareil de son invention destiné à donner, soit un produit, soit un quotient ; cette invention s'appliquerait, soit à l'indicateur de vitesse absolue ou cinémomètre, soit à l'indicateur de travail dérivé du dynamomètre White ; puis il a décrit un second appareil permettant de mesurer, à distance, la vitesse de rotation d'une roue ou d'un volant, et un planimètre.

M. *Arnoux* a fait l'historique des pendules isochrones, établi la théorie du régulateur et conclu que :

1° Les boules doivent être animées de la plus grande vitesse possible ;

2° La course du manchon doit être réduite au minimum.

En terminant, M. Arnoux nous a donné des détails sur la

balance dynamométrique, inventée par M. *Carpentier*, modifiée par M. *Raffard*, qui a été employée par M. *Marcel Desprez*, à Creil, et qui paraît être d'un maniement plus facile, tout en présentant moins de chances d'erreur, que le frein de Prony.

Travaux de la deuxième Section.

La deuxième Section a eu à traiter toutes les questions qui se rattachent aux sujets suivants:

— Choix des métaux les plus propres à la construction des pièces de machines. (Bureaux d'essais, épreuves, méthodes d'essais et de calculs.)

— Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878.

— Progrès réalisés par les appareils à production de vapeur. (Étude des principaux types de chaudières à petits éléments.)

Ces trois sujets avaient été inscrits depuis longtemps au programme du Congrès et ont fait l'objet de rapports remarquables rédigés par MM. *Cornut*, *Bour* et *Olry*.

Cette deuxième Section a examiné les diverses questions portées à son ordre du jour, sauf la note de M. *Huet* sur le rendement et les épreuves des chaudières à vapeur, et le mémoire de M. *Webb* sur les chaudières et boîtes à feu des locomotives. — Ces deux documents seront d'ailleurs insérés *in extenso* dans le Compte Rendu complet des travaux du Congrès, et atténueront le regret qu'a causé l'impossibilité où se sont trouvés les auteurs de faire leur communication.

L'excellent procès-verbal des séances de cette session, rédigé par M. *Sauvage*, président, rend très facile le compte rendu que j'ai à vous en présenter.

La première étude a porté sur le travail de M. *Marié* relativement aux machines d'essai des matériaux, au frottement des cuirs emboutis et à la mesure des hautes pressions.

M. Marié a d'abord reconnu, par une série d'expériences, que le frottement des cuirs emboutis était beaucoup plus faible qu'on ne l'admet généralement.

Le principe de la méthode de M. Marié est très simple. M. Marié a pris un bloc d'acier traversé de part en part par un piston d'assez grand diamètre. Ce bloc contenait une cavité pleine d'eau sous pression, et des cuirs emboutis formaient garniture autour du piston de chaque côté de cette cavité. Le frottement était mesuré par l'effort qu'il fallait exercer pour déplacer l'ensemble de ces

deux pistons. Deux cuirs emboutis étant employés dans l'appareil, on n'a qu'à diviser le résultat par deux pour obtenir le frottement d'un cuir.

On a objecté que le second de ces cuirs était frotté en sens contraire du premier, et que le coefficient de frottement pouvait être un peu différent; il n'était donc pas prouvé qu'en divisant par deux on obtint le frottement d'un seul cuir embouti.

M. Marié a montré qu'il n'y avait presque pas d'intérêt à savoir si un seul cuir donnait la moitié ou une fraction un peu différente de l'effort, vu la faible valeur de la résistance totale.

Ce point établi pour une machine d'essai consistant en une simple presse hydraulique, où par conséquent le frottement des cuirs emboutis est négligeable, il reste à mesurer la pression de l'eau.

M. Marié a indiqué comment on pouvait arriver à avoir des manomètres métalliques donnant cette pression et exposé le principe de l'appareil.

La conclusion de M. Marié est qu'il est possible, avec une simple presse hydraulique et un manomètre, d'obtenir à peu de frais une machine d'essai puissante et exacte.

La Section a été d'avis que les renseignements sur les coefficients de frottement présentent un grand intérêt, non seulement pour les machines d'essai de matériaux, mais encore pour toute l'industrie en général. Elle a émis le vœu que les expériences de M. Marié sur les cuirs et les garnitures de toutes sortes fussent continuées dans les laboratoires de mécanique appliquée.

La seconde question à l'ordre du jour était le travail très important de M. *Svilokossitch* sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux de construction. Ce mémoire a été lu et discuté assez longuement par la Section, qui a émis l'avis suivant: il est nécessaire de donner le plus de détails possibles en rapportant les essais de traction et autres, la simple mention des chiffres de résistance et d'allongement étant évidemment insuffisante. Il faut tâcher de rapporter toutes les circonstances de l'expérience afin que plus tard on puisse comparer cet essai à d'autres.

M. Marié a signalé une loi intéressante, la loi de similitude des éprouvettes, de laquelle il résulte qu'il ne serait pas absolument nécesssaire d'avoir toujours des éprouvettes ayant les mêmes dimensions, mais des éprouvettes ayant des dimensions géométriquement semblables; par exemple, il suffirait que le rapport du diamètre à la longueur fût toujours le même.

A ce sujet, la Section a émis ce second vœu que la loi de similitude des éprouvettes fût étudiée, à nouveau, dans toutes ses circonstances.

En troisième lieu, la Section a recommandé l'emploi de machines qui donnent le tracé graphique de toutes les circonstances de l'essai.

En quatrième lieu, elle a pris acte de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur l'unification des essais de métaux.

La Section a ensuite entendu et discuté le mémoire de M. *Godillot* sur l'utilisation de mauvais combustibles par l'emploi de foyers à combustion méthodique. Vous connaissez tous, car il a été présenté à la Société, le système par lequel M. Godillot est arrivé à brûler des combustibles extrêmement mauvais, non seulement des copeaux, mais de la tannée ; bien entendu, pour chaque espèce de combustibles, il a fallu faire une étude spéciale ; ce qui convient pour l'un ne convient pas toujours pour l'autre. M. Godillot a donné des tableaux très intéressants du pouvoir calorique de ces différents combustibles comparé à celui de la houille, et il a indiqué la manière de faire varier la consommation des grilles suivant les besoins.

La Section a été d'avis qu'il est important d'avoir un grand nombre d'essais sur ces questions, et notamment sur la combustion du charbon menu.

Plusieurs mémoires, sur divers types de chaudières à circulation d'eau dans les tubes, ont été lus par MM. *d'Allest*, *Trépardoux*, *Rocour* et *Lesourd*, M. Lesourd parlant du générateur Serpollet.

A l'occasion du mémoire sur le générateur Serpollet, la Section a pensé qu'il serait utile d'éclaircir quelques points; qu'il serait nécessaire, en particulier, d'avoir des données précises sur l'appareil, de faire des expériences pour déterminer la section réelle du tube du générateur Serpollet à chaud et en pression, pour connaître la quantité d'eau vaporisée avec un tube donné, l'utilisation du combustible dans ce générateur et les phénomènes qui accompagnent la vaporisation de l'eau dans une enceinte aussi restreinte. Il y a là des questions théoriques qui malheureusement n'ont pas été étudiées jusqu'à ce jour.

M. d'Allest a décrit un générateur à tubes, employé par la Compagnie Fraissinet, qui se substitue à la chaudière marine ordinaire.

La chaudière marine ordinaire, avec son très grand diamètre, a une épaisseur de tôles très considérable, quand on veut aborder

les hautes pressions nécessaires aujourd'hui pour les machines à triple expansion ; de plus, on lui reproche une circulation d'eau assez difficile, ou du moins, on est parfois conduit à adopter des appareils accessoires pour bien assurer cette circulation.

Le générateur que M. d'Allest a décrit, et qui est formé de tubes, est disposé de manière à tenir la même place qu'une chaudière marine ordinaire ; de plus, il se distingue par la présence d'une chambre de combustion assez grande, c'est-à-dire que les tubes ne sont pas très rapprochés de la grille, et ensuite par quelques précautions ingénieuses pour bien faire circuler les gaz chauds à travers le faisceau tubulaire ; les sections des carneaux ont été calculées en tenant compte du refroidissement des gaz qui en diminue le volume.

La Section a été de l'avis de M. d'Allest sur l'utilité d'avoir une chambre de combustion suffisante au-dessus de la grille.

M. Trépardoux a donné des détails intéressants sur un type spécial de chaudière à circulation d'eau dans les tubes, qui consiste en une enveloppe cylindrique au milieu de laquelle est le foyer et un bouilleur cylindrique central. Le bouilleur et l'enveloppe sont reliés par des tubes légèrement inclinés ; cette chaudière présente des chicanes intérieures pour la circulation de l'eau et de la vapeur.

Le point particulièrement discuté à l'occasion de cette chaudière, dont on a tour à tour signalé les avantages, la légèreté, l'économie sur la dépense de combustible, l'économie sur le temps de mise en pression, etc., a été de savoir s'il était avantageux et prudent d'avoir des tubes où ne circule que de la vapeur. Dans cette dernière disposition de chaudières, ces tubes risquent d'être trop chauffés parce qu'ils ne sont jamais refroidis par l'eau ; dans la chaudière présentée, cependant, on a pensé que les tubes étant constamment humides ne présentaient guère cet inconvénient.

M. Rocour a décrit une chaudière dérivée de la chaudière Field.

C'est une chaudière Field dans laquelle la grande cheminée centrale a été supprimée et remplacée par une série de tubes à travers lesquels passent les gaz chauds ; au-dessous de chacun de ces tubes pend une série de tubes Field ordinaires ; les tubes traversés par les gaz chauds sont en partie dans l'eau, en partie dans la vapeur, mais on a pensé qu'ils étaient suffisamment refroidis pour que cette disposition ne présentât pas d'inconvénient.

Le second point de la chaudière de M. Rocour est la manière de

faire l'enveloppe qui entoure le foyer. Cette enveloppe, dans les chaudières Field ordinaires, consiste en deux cylindres entre lesquels se trouve de l'eau. M. Rocour, au contraire, a fait cette enveloppe de tubes Field jointifs ; il fallait un certain artifice pour faire toucher ces tubes, parce que les trous de la plaque tubulaire se seraient également touchés si ces tubes avaient la forme ordinaire ; on a simplement résolu la question, en faisant usage de tubes fortement rétrécis à leur partie supérieure et qui ont la forme d'un goulot de bouteille. La partie supérieure de petit diamètre est encastrée dans la plaque tubulaire. M. Rocour a insisté sur la simplicité de construction de sa chaudière, qui n'exige que les ressources que présentent tous les ateliers de chaudronnerie, et sur la légèreté et l'économie de ce type de chaudière qui, en tout cas, paraît très intéressant.

Travaux de la troisième Section.

La troisième Section a eu à traiter les questions qui se rattachent aux sujets suivants :

Production mécanique et utilisation du froid artificiel.

Transmission à distance et distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, air, vapeur, câbles).

Machines thermiques autres que les machines à vapeur d'eau.

Ces trois sujets auraient été inscrits par le comité d'organisation dans le programme des travaux du congrès, et ont fait l'objet de rapports rédigés par MM. *Richard, Boudenoot et Hirsch.*

A cette Section ont également été renvoyées toutes les communications, dont le sujet ne pouvait être rattaché d'une façon plus spéciale à telle ou telle question préalablement inscrite au programme.

MM. *Hirsch*, président, et *Gustave Richard*, vice-président, ont présenté, des travaux de cette Section, des comptes rendus si substantiels, qu'il me suffira de les analyser pour vous montrer l'intérêt que les discussions ont présenté et vous inspirer le désir de les connaître dans toute leur étendue.

M. *Gustave Richard*, qui avait traduit le mémoire de M. *W. Donaldson*, sur la transmission de la puissance à l'aide de fluides sous pression, en a développé les points principaux.

M. W. Donaldson donne la préférence à l'eau sous pression comme agent de transmission du travail et décrit le projet d'assainissement d'une ville au moyen d'égouts à petite section cons-

tamment épuisés à l'aide de pompes. Ces pompes, installées en divers points de la ville, sont commandées par une usine motrice unique, à l'aide d'une canalisation d'eau comprimée.

Ce procédé, vous le remarquerez sans doute comme moi, n'est pas sans analogie avec le système de vidange pneumatique de M. Berlier, expérimenté à Lyon et à Paris.

M. *Hanarte* a fait la description et la théorie de ses compresseurs d'air et des pompes nouvelles de son invention, dans lesquels la grande vitesse du piston ne donne lieu ni à des chocs ni à des pertes de charge importantes.

M. *Brancher* à lu un mémoire de M. *Léon Dufresne*, sur l'historique de l'air comprimé.

M. *Brancher* a fait, en outre, une communication personnelle très intéressante sur quelques points particuliers de la théorie des courroies et sur un nouveau mode de construction de poulies en fer à la fois légères et très solides.

M. *Butticaz* a donné la description de l'installation faite à Genève pour la distribution de l'eau et du travail. La force motrice est obtenue au moyen de la chute d'un barrage établi sur le Rhône à sa sortie du lac de Genève ; elle est recueillie dans une vaste usine, au moyen de turbines actionnant des pompes ; l'eau comprimée est ensuite distribuée, et on l'utilise pour la force motrice, au moyen de turbines de très petit volume et tournant à grande vitesse. M. Butticaz a fait passer sous les yeux des membres de la Section les dessins très complets de cette belle installation, en les accompagnant d'explications du plus grand intérêt.

Dans son mémoire sur la transmission et la distribution de la force par l'air comprimé, M. *Solignac*, ingénieur de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, a donné, outre la description sommaire des installations de cette Compagnie, les éléments d'un projet de distribution d'air comprimé plus considérable encore (10 000 chevaux), établie dans des conditions analogues.

Tout en rendant hommage à la compétence toute spéciale de l'auteur, quelques-unes de ses conclusions ont paru à la plupart des auditeurs peut-être un peu trop exclusives en faveur de l'air comprimé. Il est résulté de la discussion du mémoire de M. Solignac que les différents modes de transmission de la force, l'électricité notamment, étaient loin d'avoir dit leur dernier mot, et qu'il se présenterait toujours, dans la pratique, des circonstances parti-

culières telles qu'il serait prématuré de donner dès aujourd'hui, la préférence exclusive à l'un ou l'autre de ses moyens.

M. *Hillairet*, absent de Paris, s'étant excusé, son mémoire (sur les conditions auxquelles doivent satisfaire les moteurs à vapeur, à gaz, hydrauliques et autres destinés à la conduite des machines dynamo-électriques), n'a pu être lu et discuté ; il paraîtra dans le compte rendu *in extenso* des travaux du congrès.

M. *Anthoni* a exposé les procédés qu'il met en usage pour empêcher les vibrations des machines de se communiquer au sol.

Cette question devient chaque jour de plus en plus pressante et a revêtu, dans ces derniers temps, une véritable acuité : les machines s'installent dans le centre des lieux habités, notamment les usines électriques, et les voisins se trouvent souvent fort gênés par les trépidations qu'elles produisent ; de là des réclamations et des procès.

Pour faire taire ces vibrations, M. Anthoni asseoit la machine sur des supports en caoutchouc ; mais ce n'est pas assez d'un appui vertical ; tout contact métallique d'une pièce de machine avec une pièce fixée au sol suffit pour transmettre les vibrations ; il faut recourir à un isolement complet, électrique pour ainsi dire.

M. Anthoni a étudié le problème avec une sagacité remarquable et a donné à la Section la description des procédés auxquels il a été amené par cette étude. Ces procédés ont réussi à tel point que les vibrations les plus violentes, telles que celles qui sont produites par des marteaux-pilons, se trouvent complètement amorties.

M. *Raffard* a décrit une ingénieuse modification au totalisateur de Poncelet.

On sait que les indications de ce totalisateur cessent d'être exactes quand la roulette arrive aux environs du centre du plateau ; pour parer à cet inconvénient, M. Raffard emploie, au lieu d'une seule roulette, deux roulettes folles aux extrémités d'un diamètre du plateau. L'écartement de ces roulettes est invariable sur leur axe, qui se déplace avec elles, parallèlement au plateau, de quantités proportionnelles aux efforts : il en est de même de la somme algébrique de leur rotation, et c'est la différence de ces rotations qui totalise le travail, exactement en tout point, parce que les roulettes ne se rapprochent jamais trop du centre du plateau. La constance de la somme des rotations fournit d'ailleurs un élément de contrôle. Le perfectionnement très simple de M. Raffard peut s'adapter très facilement aux nombreuses applications du totalisateur de Poncelet.

M. *Trouvé* a apporté et fait fonctionner un grand nombre de modèles très ingénieux de dynamomètres donnant, sur des échelles très étendues et depuis les plus petites forces, des indications très précises.

Dans ces appareils, l'effort est mesuré par la torsion d'une lame logée dans la tige du dynamomètre, et la vitesse par la dépression que détermine, sur un manomètre, la rotation dans l'air ou dans l'eau, d'un tourniquet ou tube à réaction tournant avec l'appareil. Ces dynamomètres, remarquables par une foule de détails ingénieux, peuvent, en principe du moins, s'appliquer aussi aux très grandes forces.

M. *Sneyers* a présenté un frein qui est une application très ingénieuse de la résistance considérable que développe le frottement d'une brosse pressée sur une autre brosse ou sur une surface dentelée. M. Sneyers a réalisé, d'après ce principe, au moyen de brosses en acier, des freins d'ascenseurs et des embrayages très sûrs et très énergiques, sous un faible volume, et qui n'exigent que peu d'entretien.

Je terminerai cette revue de la troisième Section en notant, comme une des plus brillantes, la discussion qui s'est engagée à propos du mémoire de M. Gustave Richard, sur la production mécanique et l'utilisation du froid artificiel.

M. Diesel a exposé ses idées sur la matière : il combat la surchauffe en pratique et en théorie et déclare que tout compresseur qui surchauffe est inférieur à tout compresseur sans surchauffe, quel que soit le corps intermédiaire employé.

Comme fluide intermédiaire, il rejette successivement l'air, l'éther, l'acide sulfureux et l'acide carbonique ; ses préférences se portent sur l'ammoniac ; il montre les défauts des machines verticales, des machines à réaction, telles que celles de Carré, et émet l'opinion que le système qui a, jusqu'à ce jour, la prééminence est celui de M. Linde tel qu'il est construit aujourd'hui chez Sulzer.

Mais on s'est demandé s'il était toujours nécessairement vrai que la compression d'un gaz liquéfiable donnât lieu, dans le cylindre compresseur, à une surchauffe du gaz. D'une part, M. Diesel apportait des faits d'observation favorables à cette théorie ; d'autre part on faisait observer qu'il ne fallait pas confondre l'échauffement avec la surchauffe.

Cet examen contradictoire amena chacun à reconnaître que ni

l'une ni l'autre des deux opinions ne présentait une certitude absolue ; et le motif de ces doutes est bien simple : on manque jusqu'à ce jour des données numériques indispensables pour calculer les phénomènes qui se passent pendant la compression.

M. Richard, en constatant cet accord, résuma la discussion et fit remarquer combien il est regrettable que, faute de données, les points les plus intéressants de la théorie des machines à froid demeurent nécessairement dans le doute et l'obscurité. En conséquence, il proposa à la Section d'émettre un vœu tendant à ce que des expériences fussent entreprises pour déterminer les constantes physiques des fluides employés dans les machines à faire le froid.

Cette proposition a été adoptée à l'unanimité par la Section, et, appuyée en séance plénière par M. Diesel, elle a été également adoptée par le Congrès.

Enfin, sur cette même question des machines à produire le froid, *M. Lebrun* a décrit un système de machine à ammoniac, dans lequel il a pu supprimer les presse-étoupes des tiges des compresseurs.

Les compresseurs sont à simple effet et sont séparés par un réservoir en forme de cloche qui renferme la transmission du mouvement. Un cadre rectangulaire, fixé aux tiges des pistons, est commandé par un arbre coudé, passant à travers les parois du réservoir; cet arbre n'ayant d'autre mouvement que celui de rotation qui lui est donné par une transmission extérieure.

Travaux du Congrès en séance plénière.

Telle a été, Messieurs, l'œuvre des sections du Congrès ; il me reste maintenant à vous entretenir des séances plénières que j'ai gardées pour la fin, parce que c'est dans les séances plénières que se sont établies les discussions générales aboutissant aux vœux formulés par le Congrès, vœux qu'il me paraît utile de mettre entièrement sous vos yeux.

Deux séances ont été consacrées à l'examen et à la discussion des trois mémoires suivants :

— Machines thermiques, autres que les machines à vapeur d'eau, par *M. Hirsch.*

— Essais des matériaux, par *M. Cornut.*

— Machines à froid, par *M. Gustave Richard.*

Il n'entre pas dans le cadre de mon travail de vous analyser les

diverses parties du très remarquable mémoire de M. Hirsch. Si l'on voulait entrer dans des détails, il faudrait tout citer.

Je dirai seulement que l'auteur passe successivement en revue les points ci-après :

— Comparaison du rendement des machines à vapeur avec celui des machines à gaz.

— Machines à vapeur surchauffée par l'action directe du combustible ou par mélange de vapeurs à températures différentes ;

— Machines à vapeur combinées, dont le type est l'ancienne machine du Tremblay ;

— Machines à air chaud avec ou sans emploi de régénérateurs, dont il indique les difficultés de construction que la pratique a reconnues.

M. Hirsch groupe les machines à air chaud en plusieurs classes:

1° Celles dans lesquelles le chauffage de l'air se produit extérieurement ;

2° Celles dans lesquelles la combustion se fait directement à l'intérieur de la machine.

Il s'occupe ensuite des combustibles solides ou gazeux et fait remarquer que l'emploi des gazogènes se prête difficilement à des variations de puissance ou d'allure du moteur.

Puis il parle des machines à combustible liquide en indiquant que ces combustibles peuvent produire une très grande quantité de chaleur : le pétrole, par exemple, peut produire 10 000 calories par kilogramme.

Il divise ces machines à pétrole en deux catégories :

1° Celles dans lesquelles on se sert d'essence de pétrole ou gazoline, produit dangereux, pour carburer l'air ;

2° Celles dans lesquelles le pétrole est vaporisé par portions à chaque coup de piston de la machine.

Il s'occupe enfin des machines à combustibles gazeux, en distinguant entre les machines à combustion continue et celles à explosions qui sont de beaucoup les plus employées.

L'action des gaz dans ces machines est difficile à analyser et il n'est pas bien certain que l'indicateur de pression puisse donner des résultats exacts à cause des masses en mouvement et de la durée très faible de l'explosion.

M. Hirsch fait remarquer, en terminant, que les pertes par les parois sont considérables, il faut refroidir le cylindre. Pour atté-

nuer, autant que possible, ces pertes par les parois on anime le piston d'une grande vitesse et l'on emploie le mélange détonant sous une grande pression pour obtenir une détente plus prolongée.

Il ajoute que, dans ces moteurs, les résistances passives sont plus considérables que dans les machines à vapeur, à cause du demi-effet des moteurs à gaz, par rapport aux machines à vapeur à double effet.

La communication de M. Hirsch a donné lieu à une longue discussion théorique à laquelle ont pris part MM. *Arnoux*, *Boulvin*, *Gouilly*, *Casalonga* et *Badois*.

Le cycle de Carnot, le rendement théorique et le rendement industriel des machines, le rendement maximum et la puissance de transformation des moteurs, le travail externe et le travail interne, la périodicité, etc., ont été l'objet de considérations diverses entre lesquelles je relèverai cette remarque, que vous jugerez peut-être hardie, due à notre collègue, M. Casalonga : « La machine à vapeur » a été la gloire de Watt, la fortune de la fin du siècle dernier et » de celui-ci ; mais on peut dire d'elle qu'elle a vécu, et que dans » vingt ans, on ne la construira plus. »

Le mémoire de M. *Gustave Richard* sur les différents moyens de produire mécaniquement le froid n'est pas moins important que le travail de M. Hirsch.

Tout y est savamment traité, avec une grande abondance de documents et de détails intéressants.

Je ne puis ici qu'en indiquer, pour ainsi dire, les têtes de chapitre.

M. Richard s'occupe d'abord des machines à air comprimé, le froid étant produit par la détente de cet air, et décrit les différentes dispositions de refroidisseurs-sécheurs que l'on est obligé d'employer, ainsi que les boîtes à neige qu'on ajoute à ces appareils.

Passant ensuite aux machines à gaz liquéfié par compression et à leurs conditions de fonctionnement, il donne la préférence au régime de saturation sur celui de surchauffe, et indique les différents corps employés : l'éther sulfurique qui est abandonné maintenant, l'éther méthylique ; le chlorure de méthyle ; l'acide sulfureux ; le gaz ammoniac ; l'acide carbonique.

Il entre dans quelques détails sur les machines à acide carbonique, et passe à l'emploi des liquides binaires : il fait remarquer que ce sont MM. Tessié du Motay et Rossi qui ont commencé à employer ces mélanges, et que c'est M. Pictet qui a repris la ques-

tion en se servant de mélanges d'acide carbonique et d'acide sulfureux dans des proportions variables permettant d'obtenir des points d'ébullition variant de — 70° à — 7°.

M. Richard cite encore les machines à absorption ou à affinité dont la machine Carré est le type. Puis il arrive aux applications principales du froid artificiel en mentionnant les industries chimiques, le réglage de la fermentation dans la fabrication de la bière, par exemple, le fonçage des puits et le percement des tunnels, comme à Stockholm, la fabrication de la glace, la production de l'air froid, et enfin la conservation des viandes.

Il entre dans quelques détails sur la fabrication de la glace transparente, à l'aide de la vapeur ayant servi à produire la force motrice nécessaire. Enfin M. Richard termine son exposé par la description des moyens à employer pour le refroidissement de l'air et par quelques données sur les températures en usage dans l'industrie de la conservation des viandes.

La discussion de la question traitée dans le mémoire de M. Richard a été faite d'abord au sein de la troisième Section, puis reprise dans la dernière séance du Congrès qui a alors émis le vœu relatif aux recherches expérimentales qu'il serait utile de faire sur les propriétés physiques des fluides utilisés dans les appareils à froid.

La question des « Essais de matériaux » a donné lieu, en séance plénière, à deux communications : l'une de M. *Phillips*, président du Congrès, l'autre de M. *Cornut*.

La note de M. *Phillips* se divise en deux parties :

Dans la première, l'auteur décrit une méthode pour la détermination du coefficient d'élasticité et de la limite des allongements permanents des corps métalliques.

Cette méthode est basée sur la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres.

Elle consiste à former le spiral d'un fil, de section circulaire ou de toute autre forme, de la matière que l'on veut expérimenter, à le relier à un balancier et à faire osciller le système, ou encore à considérer le système au repos et le faire sortir de sa position d'équilibre, au moyen d'une action extérieure facilement mesurable.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer pour obtenir dans les deux modes d'expérimentation, soit le coefficient d'élasticité, soit la limite d'élasticité parfaite.

La seconde partie est relative à l'emploi de modèles pour déterminer expérimentalement les conditions de résistance des solides élastiques.

M. Phillips fait remarquer que, dans de nombreuses circonstances, il est impossible de déduire de la théorie mathématique de l'élasticité les conditions d'équilibre des solides élastiques de formes compliquées, et qu'il est utile de chercher comment l'expérience peut suppléer à la théorie.

En adoptant des modèles réduits des solides à construire et en les soumettant à l'action de forces connues, on peut en déduire les dimensions que les pièces définitives doivent avoir.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer et en fait l'application à l'étude des conditions de résistance du pont Britannia à l'aide de modèles réduits au cinquantième.

La communication de M. *Cornut* traite des diverses méthodes d'essais à la traction.

L'auteur rappelle d'abord les expériences faites par MM. Adamson et Considère au point de vue de la différence entre la charge maximum de résistance et la charge de rupture.

Il s'occupe ensuite de l'erreur commise en exprimant la charge maximum de résistance en kilogrammes par millimètre carré de la section primitive.

M. Cornut parle de l'influence de la striction au point de vue de l'allongement de la barre et des différentes méthodes employées pour indiquer cette influence par des chiffres.

Il examine ensuite l'influence de la forme des éprouvettes, leurs longueurs adoptées dans les différents services ou administrations; il conclut en faisant remarquer qu'il y aurait un intérêt considérable à uniformiser les méthodes d'essais, et propose à l'assemblée d'émettre à cet égard un vœu qui est adopté à l'unanimité, et dont je donne ci-après le texte.

M. Cornut appelle ensuite l'attention du Congrès sur la nécessité qu'il y aurait d'installer des laboratoires d'essais de mécanique appliquée ayant un caractère officiel ou privé.

Il croit que les institutions de cette nature, n'ayant aucune attache officielle, rendraient de grands services à l'industrie.

M. Cornut fait l'historique des différents établissements de ce genre établis déjà, et voudrait que le Congrès émît un vœu en faveur de la création d'établissements analogues.

Après une discussion à laquelle ont pris part MM. *Badois*, *Bele-*

lubsky, *Cornut*, *Hirsch*, *Polonceau*, *Svilokossitch* et *A. Tresca*, le Congrès a finalement adopté les vœux suivants :

Vœux formulés par le Congrès en vue d'uniformiser les essais de matériaux et d'encourager l'institution de laboratoires de mécanique.

I. — Les membres du Congrès de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le gouvernement français prenne, auprès des gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essai.

II. — Le Congrès International de Mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des Arts et Métiers.

III. — Comme suite au vœu exprimé par le Congrès International de Mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de Mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

Il faut espérer que ces vœux ne tomberont pas dans l'oubli : ils ont été transmis, pendant la session même du Congrès, aux ministres que la question concerne ; et je puis ajouter que ceux-ci, notamment M. le ministre des Travaux Publics, ainsi que le constate une communication récente faite par lui au Bureau du Congrès, s'y intéressent activement.

Deux séances du Congrès ont été ensuite consacrées à l'examen des quatre questions suivantes :

— Machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs ;

— Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878 ;

— Progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur ;

— Progrès réalisés par les appareils à production de vapeur. (Étude des principaux types de chaudières à petits éléments.)

Ces trois dernières questions ont été traitées en conférence et n'ont fait l'objet que d'un exposé sans discussion.

Le mémoire de M. *Polonceau*, ainsi que l'a dit le Président, M. Phillips, en en faisant un juste éloge, constitue, pour ainsi dire, un traité de la machine à vapeur actuelle.

Pour rendre plus aisément compte des progrès réalisés depuis onze ans, M. Polonceau fait tout d'abord remarquer que la machine à vapeur se caractérisait, à l'Exposition de 1878, par un nombre assez considérable de machines à quatre distributeurs, et qu'il n'y avait que peu de machines compound.

La vitesse de marche de ces machines tendait à devenir plus grande que dans les installations précédentes, mais n'atteignait pas encore des nombres aussi considérables que ceux représentant les vitesses des machines de l'Exposition de 1889.

Il décrit quelques types des machines de l'Exposition de 1878 pour pouvoir les comparer plus sûrement aux types plus récents.

M. Polonceau indique que l'on a cherché à réaliser dans les machines exposées maintenant :

1° Une rotation plus rapide pour répondre aux besoins des usines productrices d'électricité ;

2° Une production du cheval-vapeur au plus bas prix possible ;

3° Un volume restreint en même temps qu'un plus faible poids.

En ce qui concerne le premier point, M. Polonceau cite certaines machines puissantes tournant à raison de 150, 200, 300 tours par minute et des machines de 30 à 40 chevaux atteignant 400 et 500 tours.

Ces grandes vitesses conduisent à l'emploi de modérateurs spéciaux, et M. Polonceau décrit les dispositions de M. Armington et de MM. Lecouteux et Garnier concernant des modérateurs à force centrifuge disposés dans le volant même de la machine.

En ce qui concerne la vitesse donnée aux pistons, la vitesse classique de 1,50 *m* à 2 *m* est largement dépassée. On atteint maintenant 3 et même 4 *m* par seconde. Les machines des torpilleurs ont des pistons se déplaçant à raison de 5 à 6 *m*.

Les neuf dixièmes des machines exposées sont du système compound. M. Polonceau décrit rapidement chacun de ces types, en donnant les principales dimensions de chacun d'eux et les résultats que l'on peut atteindre au point de vue de la consommation.

M. Polonceau termine cette première partie de sa conférence en

décrivant le turbo-vapeur Parsons, construit par la Société Centrale de constructions de machines.

Il passe enfin à l'étude des machines marines.

Dans ces dernières on remarque l'emploi de la triple expansion, et M. Polonceau passe en revue les principaux types de ces machines.

Tous ceux qui liront cette magistrale étude souhaiteront, avec M. Phillips, que M. Polonceau y ajoute un chapitre sur les machines locomotives, desquelles il parlera mieux que personne, et nous aurons ainsi très complet le traité de la machine à vapeur à la fin de ce siècle.

Les *progrès* réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont été exposés par M. *Bour*. On sait que ces associations ont pour but de prévenir les accidents et les explosions des générateurs de vapeur, et de faire réaliser à leurs membres des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

M. Bour fait remarquer que c'est à M. W. Faibairn que revient l'honneur de la fondation de la première association de ce genre. Elle a été établie en 1855, à Manchester, sous le nom de « *The Manchester steam users Association* ».

Ce n'est qu'en 1867 que l'association alsacienne fut fondée sur le continent, à Mulhouse.

Cet exemple fut suivi, en 1868, par l'association badoise, puis par des nouvelles associations en Allemagne, en Autriche et en Belgique.

L'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France date de 1873.

Celle de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, l'association normande et l'association parisienne datent de 1874 ; l'association lyonnaise, de 1876 ; l'association de l'Ouest, de 1878 ; celle du Sud-Ouest, de 1879 ; l'association du Nord-Est, de 1882 ; enfin celle du Sud-Est a été créée en 1885.

M. Bour indique que six associations établies en 1878 avaient à surveiller *2 710 chaudières* et que ce nombre a augmenté en dix ans de *7 283 chaudières*, soit *au total 9 993*.

M. Bour entre dans quelques détails sur le service des inspecteurs comprenant la visite tant intérieure qu'extérieure de la chaudière, une fois par an, et une autre visite extérieure dans le même laps de temps, cette inspection comprenant encore l'examen de l'état d'entretien de la machine à vapeur.

M. Bour a préparé une série de tableaux qui montrent le nombre et la nature des visites faites pendant l'année par chacune des associations. Il passe ensuite en revue les différentes causes d'explosions et indique, sous forme de tableau, le relevé des explosions qui se sont produites en France, de 1883 à 1887.

Comme exemple de l'utilité incontestable de ces associations, il cite l'association lyonnaise, pour laquelle on n'a eu à constater que deux explosions pour un total de 8 457 chaudières, réparti dans les treize premiers exercices, soit un accident par 4 228 chaudières. Il indique les causes de ces accidents, manque d'eau pour l'un et vices de construction pour l'autre.

M. Bour fait encore remarquer que les indications que les agents des associations donnent aux propriétaires d'appareils à vapeur, soit pour les réparations, soit au moment de l'installation des appareils neufs, font réaliser aux industriels des économies importantes.

Les progrès réalisés par les appareils à production de vapeur ont été exposés par *M. Olry* qui s'est attaché surtout à parler des chaudières à petits éléments.

C'est l'emploi de la vapeur à haute pression, que la théorie et l'expérience ont démontré avantageux, qui a amené la création des chaudières à petits éléments.

M. Olry montre que l'emploi, dans ces conditions, des chaudières à foyers intérieur ainsi que des chaudières à bouilleurs ou à réchauffeurs aurait nécessité des épaisseurs de tôle considérable ; que, par suite, la transmission de la chaleur s'y serait faite difficilement, et que les avaries occasionnées par l'inégalité des températures auraient été nombreuses.

L'adoption des chaudières à petits éléments, composées de tubes de 7 à 12 *cm* de diamètre, réduit de beaucoup le volume d'eau contenu dans la chaudière.

Les explosions y sont moins à craindre et ne produisent plus ces effets instantanés que l'on observe dans les autres chaudières à grand volume d'eau.

M. Olry fait remarquer, qu'à côté de ces avantages, il est nécessaire de signaler un inconvénient résultant de la diminution du volume d'eau. Le maintien de la pression et du niveau d'eau est plus difficile, et il faut avoir recours, comme dans les chaudières Belleville, à des appareils automatiques qui règlent l'alimentation à l'aide d'un flotteur et la pression au moyen d'un appareil à ressort agissant sur le registre de la cheminée.

Pour éviter l'inconvénient résultant du petit volume de l'eau, certains types de chaudières à petits éléments possèdent un réservoir qui surmonte les tubes alors complètement remplis d'eau, le niveau de cette eau étant maintenu dans ce réservoir.

Mais l'administration qui facilite, par mesures individuelles, l'installation des chaudières à petits éléments, s'est toujours montrée beaucoup plus réservée, en matière de tolérance d'emplacements, à l'égard de cette dernière classe d'appareils.

M. Olry passe ensuite à la description de différents types de chaudières.

Les chaudières à serpentin dans lesquelles on ne rencontre, parmi les types en usage en France, que la chaudière Belleville. Dans ces chaudières, une bulle de vapeur produite à l'intérieure de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager.

Les autres appareils dans lesquels chaque tube forme une véritable chaudière et que l'on peut diviser en deux grandes classes :

1° Ceux dans lesquels l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur se font aux deux extrémités des tubes;

2° Ceux dans lesquels cette arrivée et ce dégagement n'ont lieu que d'un seul côté.

M. Olry distingue encore dans la première catégorie :

Les chaudières divisées, par des plans verticaux, en éléments dont les tubes sont reliés, de proche en proche, par des communications.

Telles sont les chaudières Root, de Nayer, Lagosse et Bouché, Morelle ;

Les chaudières formées d'éléments de tubes assemblés des deux côtés avec des collecteurs verticaux ou inclinés, les chaudières Babcock et Wilcox, Roser, Maniguet, Montupet appartiennent à ce groupe ;

Les chaudières composées d'un faisceau de tubes débouchant à chaque extrémité dans un collecteur unique constitué par une caisse en tôle entretoisée formant lame d'eau. Telles sont les chaudières Oriolle, Mathot, Hanrez, Lagrafel, d'Allest.

Enfin, dans la deuxième catégorie, on peut distinguer les générateurs qui reposent sur l'emploi du tube Field à circulation d'eau couché dans une position à peu près horizontale. Les chaudières Collet, Bouzon, Dubuc et Bourgois appartiennent à cette division ainsi que la chaudière Terme et Deharbe, et celle de MM. Bour-

gois et Lencauchez. Et les chaudières avec tubes à retour de flamme.

M. Olry indique ensuite les conditions que doit remplir un bon système de chaudières à petits éléments.

Il examine successivement les points suivants :

Sécurité, économie de combustible, économie de poids, économie d'emplacement, facilité de montage, facilité de conduite, facilité des nettoyages, économie dans l'entretien et facilité des réparations, production de vapeur sèche, régularité de marche, rapidité de mise en pression et économie dans les prix de premier établissement.

Il examine successivement par quels moyens et dans quelle mesure ces divers résultats sont obtenus dans la pratique, et résume ainsi sa communication :

Les générateurs à tubes d'eau, quand ils sont bien conçus et bien construits, possèdent une supériorité inconstestable, au point de vue de la sécurité, de l'économie de combustible, de l'économie de poids et d'emplacement, de la facilité de montage et de la rapidité de la mise en pression.

Ils se prêtent parfaitement à l'emploi des hautes pressions et peuvent être disposés de manière à produire de la vapeur bien sèche; leur prix de premier établissement n'est pas excessif; il est en général assez facile de les entretenir et de les réparer.

Dans la marine, spécialement dans la marine militaire, les qualités de ces appareils sont particulièrement précieuses.

M. Olry termine en donnant une statistique des accidents survenus dans l'emploi des chaudières à petits éléments :

De 1870 à 1875, aucun accident ne s'est produit.

De 1876 à 1889, leur nombre a été de treize, dont deux en 1886 et cinq en 1887.

Le nombre des accidents croît naturellement avec celui des appareils en activité et c'est pour cette raison que le nombre des accidents a été plus grand en 1887.

Des renseignements plus récents et non encore publiés permettent de compter qu'il se produit annuellement trois ou quatre accidents de générateurs multitubulaires. On est amené à conclure que ces chaudières sont plus sujettes que d'autres à des accidents, mais chacun d'eux est d'importance moindre que dans les autres appareils à production de vapeur.

Le mémoire de M. *Mallet* sur les machines à vapeur à détente

dans plusieurs cylindres successifs a donné lieu à une longue et vive discussion.

M. Mallet, dont on connaît la haute compétence sur la matière, a d'abord fait une distinction entre les *machines à transvasement immédiat* ou *machines de Woolf*, et les *machines à réservoir* ou *machines Compound*.

Dans l'historique de la question, il a montré par quelles considérations on a été conduit à préférer, à un cylindre unique à détente très prolongée, des cylindres successifs.

M. Mallet fait remarquer que, dans la machine de Woolf, la pression totale étant divisée entre deux capacités, chaque piston a bien moins de charge maximum à supporter que dans la machine ordinaire à un cylindre, dans laquelle le piston, de même section que le grand piston de la machine de Woolf, doit supporter la différence totale entre la pression à la chaudière et la pression à l'échappement.

La variation totale des efforts est moins considérable que dans la machine ordinaire, et les organes, pour une même pression moyenne effective, ont à subir une pression maximum moins élevée.

M. Mallet ajoute que, dans les machines à réservoir, les choses se passent un peu différemment. La machine compound se compose, en réalité, de deux machines successives et étagées, dont la première reçoit la vapeur de la chaudière et la décharge dans un réservoir intermédiaire qui alimente la seconde.

Il indique que la suppression absolue de la chute de pression entre les deux cylindres conduirait à une répartition très inégale du travail entre les deux cylindres, et qu'on est généralement conduit à accepter une certaine chute de pression qui amène une perte de travail, bien moins considérable d'ailleurs qu'on ne le croit.

M. Mallet traite ensuite la question des enveloppes de cylindres, et termine en s'occupant des machines à triple et même à quadruple expansion.

M. Lencauchez, qui a pris la parole après M. Mallet, discute les avantages du système compound, qui n'ont été vraiment suffisants qu'au moment où il est venu, dans la marine, remédier aux défauts des anciennes machines consommant, il y a vingt-cinq ans, jusqu'à 40 kilogrammes de vapeur.

Mais l'augmentation d'utilisation de la vapeur que produit ce

système s'est abaissé à 3 0/0 quand on a comparé la machine à un seul cylindre la plus parfaite à la machine compound.

L'emploi de cette dernière devient ainsi peu avantageux si l'on envisage la question du capital plus grand engagé, ainsi que les obligations de graissage qui sont plus considérables.

M. Lencauchez ajoute qu'avec les machines monocylindriques le moteur présente plus d'élasticité, et que l'on reproche seulement, à ce genre de machines, les chutes de pression par suite de la condensation dans les cylindres.

Mais dans les machines à plusieurs cylindres on remarque aussi une chute de pression d'un cylindre à l'autre. Cette chute de pression, qui est faible dans le cas du travail normal, pour lequel la machine est construite, devient plus grande lorsqu'on fait varier la puissance du moteur.

M. Lencauchez dit que l'on peut éviter, dans une grande mesure, la condensation dans un cylindre unique, en obligeant la vapeur de la chaudière, ou une vapeur plus chaude, à circuler autour du cylindre.

Pour les locomotives, il critique la disposition ordinaire de la coulisse, plus nuisible cependant en ce qui concerne l'échappement qu'en ce qui concerne l'introduction.

M. Lencauchez croit que le système actuel suffit sans employer la machine compound, la machine locomotive devant être très élastique, le travail développé devant varier de 150 à 600 chevaux-vapeur, par exemple.

Il conclut en disant qu'il ne croit pas à l'économie réalisée par l'emploi de la machine compound, aussi bien dans les locomotives que dans les machines fixes; elle n'a surtout pas de raison d'être dans les filatures.

En terminant, M. Lencauchez cite à l'appui de son opinion les essais des Ingénieurs d'associations de propriétaires d'appareils à vapeur qui, dit-il, sont concluants en faveur des machines monocylindriques, que M. Farcot, en 1889 comme en 1855, préconise également. M. Polonceau, en notant que la plupart des machines exposées en 1889 étaient du système compound, ne s'est pas pour cela prononcé en sa faveur; et la communication qu'il a faite récemment à la Société des Ingénieurs civils le montre plutôt favorable aux machines monocylindriques à quatre distributeurs.

M. *Arnoux* fait observer qu'il n'est pas rationnel de comparer une machine compound à double expansion à une machine mo-

nocylindrique. S'il y a une comparaison à faire pour décider des avantages ou des inconvénients, du principe compound à double expansion, cette comparaison doit être faite entre une machine compound et une machine bicylindrique, qui seule se trouve dans les mêmes conditions de travail sur l'arbre, de régularité de marche et de prix de revient.

M. *Stapfer* dit quelques mots des machines marines. Il fait remarquer que chaque réservoir intermédiaire constitue, en réalité, une nouvelle chaudière par rapport aux cylindres suivants. Il repousse l'emploi de tiroirs spéciaux de détente, dont les plaquettes se lèvent pendant la période de compression, ou par les coups d'eau. Les constructeurs anglais emploient les tiroirs cylindriques.

M. Stapfer fait remarquer que si l'on veut détendre entre le 1/12 et le 1/15, il faut, dans les machines à deux cylindres, introduire au quart dans le petit cylindre, tandis que dans les machinés à triple expansion, on peut introduire à moitié, tout en arrivant à la même détente finale.

La régularité est certainement plus grande dans ces dernières machines, mais il y a à se préoccuper des conditions de l'alimentation ; en effet, il y a toujours des pertes de vapeur, et des expériences récentes ont montré qu'il fallait introduire dans la chaudière de l'eau nouvelle à raison de six tonnes par jour pour 1 000 chevaux ; il est même prudent de doubler ce chiffre.

Cette addition peut se faire en eau distillée ou en eau de mer.

Dans le premier cas, les frais de distillation compensent à peu près l'économie que l'on peut obtenir avec le troisième cylindre.

Dans le second cas, les parois de la chaudière sont corrodées par l'acide chlorhydrique qui provient de la décomposition par la chaleur du chlorure de magnésium contenu dans l'eau de mer.

MM. Stapfer et d'Albert indiquent, à ce propos, les moyens employés, avec plus ou moins de succès, pour combattre ces corrosions.

M. *Roy*, qui a pris ensuite la parole, fait remarquer que le mot *compound* n'a aucune signification au point de vue de la détente plus ou moins prolongée, et voudrait remplacer cette expression par celles de : machines à simple expansion ; machines à double expansion ; machines à triple expansion.

Puis il aborde la question de l'emploi des machines à double expansion dans les locomotives ; il cite les expériences de M. Borodine, qui a fait ses essais sur une machine locomotive ordinaire,

dans laquelle la vapeur passait d'un cylindre dans l'autre pour se détendre; il rappelle les expériences du Chemin de fer du Nord sur une machine locomotive compound à quatre cylindres.

Après M. Roy, MM. *Casalonga* et *Jouvet* ont présenté diverses observations à la suite desquelles M. Mallet, prenant en main la défense du système compound, rappelle que l'on doit tenir compte des résultats de la pratique, et que tous les grands constructeurs paraissent avoir abandonné les machines à cylindre unique, et ne construisent presque plus que des machines compound.

Cette observation s'accorde du reste avec la remarque faite par M. Polonceau qui, dans sa conférence, nous signale les 9/10 des machines exposées en 1889 comme étant du système compound.

Vous pouvez juger, Messieurs, par la rapide analyse que je viens de vous faire, combien l'examen et la discussion des machines à plusieurs cylindres ont été intéressants et remplis de détails bons à apprendre et à retenir.

Cette discussion ne pouvait pas, évidemment, aboutir à des conclusions précises et formulées en vœux comme celles dont je vous ai déjà parlé, et comme celles dont il me reste à vous entretenir; mais elle n'en est pas moins une des belles pages de l'œuvre du Congrès.

Je terminerai le compte rendu que j'ai à vous présenter en vous parlant des deux questions dont l'étude a rempli la première et la dernière séance du Congrès, savoir :

— Unification du cheval-vapeur (Spécification de la puissance des générateurs de vapeur. — Rendement.)

— Transmission à distance et distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, air, vapeur, câbles, etc.).

J'avais eu l'honneur d'être choisi par le Comité d'organisation pour rapporter cette dernière question. J'ai présenté à cet égard au Congrès : d'une part, une étude générale; et, d'autre part, une étude particulière.

Je ne vous parlerai pas ici de l'étude particulière qui consistait dans la description des installations de l'usine de la rue Beaubourg.

J'ai eu, en effet, l'occasion d'entretenir, à plusieurs reprises, la Société des Ingénieurs civils de cette entreprise de distribution de force motrice à domicile, et il n'est pas nécessaire d'y revenir.

Mais je vous dirai quelques mots des considérations générales que j'ai développées devant le Congrès sur la question de la trans-

mission du travail, et vous citerai rapidement les divers systèmes que j'ai eu à décrire, vous renvoyant pour les détails au mémoire lui-même.

Après le gaz et l'électricité, agents de transmission pouvant distribuer à la fois la force, la lumière et la chaleur, j'ai noté la vapeur et l'eau surchauffée qui fournissent la chaleur et la force sans la lumière.

C'est à *New-York* que fonctionne la plus importante distribution *de vapeur*, destinée à la fois au chauffage et à la force.

Des essais, qui avaient assez bien réussi, à Lockport et à Buffalo, ont engagé les Américains à mettre ce système en usage dans leurs grandes villes du Nord. Toutefois, ils n'ont pas le monopole de cette idée, puisque M. J. Chrétien, en 1867, a réalisé en France une distribution de vapeur sur un réseau de 1 500 *m*.

Le *système de l'eau surchauffée* se rattache au précédent et non à l'eau sous pression, parce qu'il doit son efficacité à la vapeur latente dans le liquide et parce que les récepteurs, qui utilisent le système pour la force, sont des moteurs à vapeur.

Il s'est établi récemment à *Boston* une distribution considérable d'eau surchauffée, destinée au chauffage et à la force motrice.

L'emploi de la *pression hydraulique*, émanée d'une usine centrale, constitue un mode de distribution de la force qui, en certains cas, donne la meilleure solution du problème. Seulement, on ne peut ici que fournir de la *force*, pas de chaleur, comme en donnent aussi la vapeur et l'eau surchauffée; encore moins de la lumière, comme en donnent en outre le gaz et l'électricité. Mais ni électricité, ni gaz, ni vapeur ne peuvent fournir, dans les mêmes conditions de sécurité et peut-être d'économie, une pression disponible de 50 *kg* par centimètre carré, que chacun peut aller prendre dans la rue bordant sa maison.

C'est à *Armstrong*, qui a eu le mérite d'établir les élévateurs hydrauliques tels qu'ils fonctionnent aujourd'hui, qu'on doit aussi attribuer l'application de l'eau sous pression à la distribution à domicile de la force; car, à Newcastle, avant 1853, il a fait fonctionner des moteurs d'imprimerie en se servant de la distribution d'eau de la ville.

Depuis lors, l'idée s'est développée en Angleterre, et c'est ainsi qu'à *Hull* et à *Londres* fonctionnent des distributions de force hydraulique.

Comme l'eau sous-pression et comme les câbles télédynamiques,

l'air ne transmet que la force et non la chaleur et la lumière. Au lieu de chaleur, c'est même du froid qu'il produit lorsqu'il se détend dans les machines réceptrices.

Vous savez que l'air peut s'employer comprimé ou raréfié; et qu'à Paris même, il y a une distribution d'air comprimé et une d'air raréfié.

Comme l'une et l'autre vous ont été décrites ici même, je n'insiste pas, non plus que sur la transmission par *câbles*, qui n'est qu'une extension de la transmission par courroies, dont l'emploi est universel dans les usines.

Et j'arrive aux conclusions qui semblent se dégager de cet examen rapide des divers agents de transmission du travail.

Les services que l'ingénieur, l'industriel ou même les particuliers peuvent réclamer au *travail* sont de trois sortes : on peut demander de la *lumière*, du *mouvement* ou de la *force proprement dite*, enfin de la *chaleur*.

Mettons en tête les agents de transmission qui peuvent fournir à la fois, d'une manière directe et immédiate, les trois marchandises susceptibles d'être demandées, puis ceux qui peuvent en donner deux, enfin ceux qui n'en peuvent fournir qu'une, on arrive à former le tableau suivant :

NOMS DES AGENTS	GAZ	ÉLECTRICITÉ	VAPEUR OU EAU SURCHAUFFÉE	EAU SOUS PRESSION	AIR	CABLES
Marchandises fournies directement.	Lumière. Chaleur. Force...	Lumière. Chaleur ? Force...	» Chaleur. Force...	» » Force....	» » Force...	» » Force...

Si cet ordre marque, au point de vue théorique, général et abstrait, une certaine supériorité aux agents classés les premiers, il n'en faut pas conclure que cette supériorité existe pratiquement dans tous les cas qui peuvent se présenter.

La préférence à donner à tel ou tel système, dans un cas déterminé, dépend d'une foule de circonstances : d'abord de la marchandise demandée; n'a-t-on besoin que de force, ou en même temps de force et de lumière, ou à la fois de force, de lumière et de chaleur? puis, de la facilité avec laquelle on peut se procurer selon les temps ou selon les lieux, les divers agents de transmission, et de leur prix de revient; ensuite de la quantité de force demandée; enfin des exigences plus ou moins complexes de la

transmission : est-ce un simple transport de force, d'un point à un autre ou bien une distribution multiple ?

L'air comprimé sera employé avantageusement pour distribution des forces moyennes à des distances moyennes, jusqu'à plusieurs kilomètres, surtout dans le cas où l'on ne s'inquiète pas du rendement ; mais il est le plus coûteux des systèmes pour la transmission de la force à de petites distances ; l'eau sous pression offre, à cet égard, une solution plus économique ; et l'air raréfié se présente, pour la distribution à domicile de petites forces dans un rayon peu étendu, dans des conditions excellentes au point de vue de la simplicité, de l'économie, de la commodité et de l'hygiène.

Quant au transport des forces naturelles à de très grandes distances, l'électricité n'a sans doute pas dit son dernier mot ; mais, en attendant, il est possible, au moyen de câbles télédynamiques, de transporter aux établissements industriels, dans des conditions relativement favorables, le travail des chutes d'eau éloignées déjà d'une dizaine de kilomètres.

Indépendamment de ces conclusions, j'ai soumis au Congrès les observations suivantes :

J'ai rappelé que les nombreux auteurs, qui ont traité ces diverses questions de mécanique, se servaient d'expressions variées : transmission du travail, transport de l'énergie, distribution de la force. On peut, en outre, noter dans les ouvrages techniques des termes très divers, tels que :

Énergie actuelle ou dynamique, qui, pour les corps en mouvement, se traduit par l'expression $\frac{1}{2}mv^2$, qu'on appelle aussi puissance vive ou demi-force vive.

Énergie potentielle ou de position qui s'applique aux corps en repos et qu'on nomme aussi énergie latente.

Mais, d'autre part, on voit appeler énergie actuelle ou force vive d'un moteur sa puissance mécanique directe, immédiate, et énergie potentielle ou travail mécanique disponible la puissance mécanique transformée, susceptible d'être transportée.

Rankine traduit énergie par capacité pour accomplir un travail ; Ayrton appelle force le moyen d'accomplir un travail ; le premier définit l'énergie actuelle par le travail résistant que le corps peut surmonter, et l'énergie potentielle par : le produit d'une force par le chemin qu'elle est capable de faire parcourir à son point d'application.

Au point de vue du rendement des transmissions de force, la terminologie n'est pas non plus bien fixe, et il arrive souvent que deux ingénieurs expriment le rendement de façons différentes. Reuleaux a introduit récemment dans la mécanique les termes de transmission linéaire et de transmission cyclique ou circulaire, ainsi que la notion des rendements ou effets spécifiques du transport à distance, en faisant intervenir la détermination de la quantité de matière du corps chargé de la transmission.

A la suite de ces considérations, j'ai formulé le souhait que le Congrès voulût bien se livrer à une discussion qui aboutirait à proposer une terminologie moins variable, un langage unique, fixe et déterminé.

J'ai eu l'honneur de voir ce souhait exaucé. A la suite de la communication de M. Alfred Tresca, dans laquelle des considérations analogues ont été développées au sujet du cheval-vapeur, *M. Hospitalier* a proposé la nomination d'une commission chargée d'étudier la terminologie de la mécanique ; et cette commission, présidée par *M. Haton de la Goupillière*, a fait adopter par le Congrès une série de vœux dont l'un donne une entière satisfaction aux idées que j'avais exprimées dans mon rapport.

Je lirai dans un instant le texte de ces vœux ; mais, auparavant, il me reste à vous entretenir du savant mémoire plein de logique et de clarté, que *M. Alfred Tresca* a soumis au Congrès sur *l'unification du cheval-vapeur*, et à vous analyser la discussion qui s'est élevée sur ce point.

M. Tresca, ayant résumé les conclusions de son rapport en ce qui concerne le choix qu'il y a lieu de faire entre les deux dénominations, cheval indiqué et cheval mesuré sur l'arbre, donne les raisons qui militent en faveur du cheval indiqué, dont l'évaluation peut se faire aussi facilement, quel que soit le genre ou la puissance du moteur que l'on a à étudier.

Après lui, *M. Bour* prit la parole pour faire remarquer que la puissance en chevaux, mesurée sur l'arbre, est la seule qui intéresse directement l'industriel.

Puis, *M. Stapfer* rappela que, dans certaines machines, les moteurs à gaz, par exemple, on remarque une différence considérable entre la mesure du travail indiqué et celle du travail développé sur l'arbre, et que pour cette raison, et pour cette classe de machines, on a l'habitude d'en faire l'essai au frein.

Il préfère, en général, l'appréciation de la puissance d'une machine

en chevaux indiqués, avec mention du rapport de ceux-ci à ceux résultant de la mesure du travail développé sur l'arbre, c'est-à-dire du rendement de la machine.

M. Rolland demanda la suppression de l'expression « cheval nominal » qui ne représente, dans l'idée des constructeurs, qu'un numéro de machine. En ce qui concerne l'évaluation du travail que peut réellement développer un moteur, l'essai au frein doit toujours être complété par un essai à l'indicateur de pression.

M. Phillips fit remarquer que l'évaluation du travail indiqué peut se faire de la même manière, quelle que soit la nature du moteur à expérimenter. Il n'en est pas de même du travail mesuré sur l'arbre.

M. Périssé, appuyant les conclusions de M. Tresca, dit que les essais à l'indicateur donneront toujours des renseignements d'une grande netteté en ce qui concerne l'appréciation du travail de la machine dans des conditions d'admission données. Il n'en est pas de même d'un essai au frein.

M. Boulvin fait observer qu'il est impossible de déterminer la puissance effective des moteurs très importants, et que ce qu'il y a de plus pratique consiste à prescrire la puissance en chevaux indiqués, en ajoutant que la machine tournant à vide n'absorbera qu'un certain nombre de chevaux indiqués ; il est à remarquer que la différence des diagrammes en charge et à vide ne donne pas la puissance en chevaux effectifs, bien qu'elle s'en rapproche ; dans l'état actuel des moyens de mesure, la détermination de la puissance en chevaux indiqués ne peut être abandonnée.

M. Roy émit à son tour l'avis que les essais à l'indicateur donnent, au point de vue des conditions de la distribution, des renseignements précieux que ne peut fournir un simple essai au frein.

Enfin, après diverses observations de *MM. Hanarte*, *Casalonga* et *Hospitalier*, le Congrès vota la suppression de l'expression « cheval nominal », et adopta une proposition de M. Périssé, amendée par MM. Boudenoot et Delaunay-Belleville, proposition qui a été formulée dans le cinquième vœu émis par le Congrès.

Finalement (après les trois vœux concernant les essais de matériaux que j'ai énoncés plus haut), le Congrès a émis les vœux suivants relatifs au langage de la mécanique :

Vœux formulés par le Congrès, concernant la terminologie de la mécanique :

IV. — Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal ».

V. — Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 *kgm* par seconde.

VI. — Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. — Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscrit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2. — Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3. — Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

4. — En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité le kilogramme défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le kilogrammètre.

La *puissance* a deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de 75 *kgmt* par seconde, et le *poncelet* de 100 *kgmt* par seconde.

5. — L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité : on l'évalue numériquement suivant

les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. — On se rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

Tels ont été, Messieurs, les travaux du Congrès et les résultats auxquels ont abouti ses discussions. De ces résultats, les uns vous paraîtront définitivement acquis, les autres vous sembleront sans doute destinés à recevoir des modifications du progrès futur; sur certains points, il n'a pu être exprimé que des *desiderata* laissant encore beaucoup à faire. Mais, quoi qu'il advienne, vous reconnaîtrez, je pense, que l'œuvre réalisée a été importante et témoigne d'un labeur considérable chez tous ceux qui y ont pris part.

J'espère que vous me saurez gré de vous l'avoir fait connaître, et c'est dans cet espoir que je vous prie de m'excuser d'avoir si longtemps retenu votre attention.

Paris, 17 janvier 1890.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

PAR M. W. GROSSETESTE

Gustave-Adolphe Hirn, reçu membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils, en janvier 1889, est mort à Colmar le 14 janvier 1890, à l'âge de 74 ans.

Il avait pris, parmi les ingénieurs une place éminente, spécialement par ses travaux sur les moteurs à vapeur.

Les études auxquelles il s'est livré sur ces moteurs, les procédés d'expérience qu'il a employés sont devenus, pour ainsi dire classiques.

L'une des conséquences caractéristiques de ses études a été de rappeler que la machine à vapeur n'est pas seulement un mécanisme, mais bien un appareil de physique, et que les perfectionnements à chercher résidaient dans l'emploi judicieux de la vapeur, plus encore que dans les transformations de mouvement ou de la forme des tiroirs.

Ses études sur le rôle de l'enveloppe de vapeur autour du cylindre ont embrassé l'ensemble de la question et ont eu une influence indiscutable sur l'emploi général qui en est fait : employé dès le début de la machine à vapeur, supprimée ensuite par les constructeurs, puis reprise isolément par quelques rares ingénieurs, timidement par d'autres, cette enveloppe est d'un usage général en Europe actuellement.

Comme application de ses études et de ses recherches, Hirn avait réalisé en 1855, une machine verticale, à un cylindre, de plus de cent chevaux, consommant, par cheval et par heure, près de 9 *kg* de vapeur *sèche* ; ce chiffre a été constaté en 1865 par des essais officiels qui n'ont pas duré moins d'une semaine entière.

On peut dire que la méthode d'essai indiquée par Hirn dans ces expériences a fait école : elle est restée comme un type suivi dans les essais faits depuis lors.

Mais ces études spéciales ne constituent que l'un des côtés d'une question à laquelle il a consacré tous ses instants, tous ses efforts, ce qui l'a conduit aux études les plus diverses en apparence.

Hirn s'est voué entièrement à la thermodynamique dont il a été l'un des travailleurs de la première heure. Il en avait découvert

le principe dans des études qu'il faisait vers 1846, sur les substances utilisables pour la lubrification des machines, ignorant d'ailleurs ce qu'avaient fait peu de temps auparavant ses devanciers, Joule et Mayer.

Poursuivant l'étude de cette question magistrale, de l'équivalence entre le calorique et le mouvement, Hirn vit s'élargir devant lui l'horizon à mesure qu'il avançait, et, il parvint jusqu'aux théories les plus élevées où la science cède le pas à la philosophie. Pour arriver à ce niveau, il avait débuté comme chimiste, ou plutôt comme coloriste dans une fabrique d'indienne : celle-ci ayant cessé il fut chargé du soin des machines dans une filature et un tissage, dépendant de la même maison, et qui restaient en activité.

A 27 ans, en 1842, il faisait ses débuts comme ingénieur, n'ayant d'autre bagage que ce qu'il avait appris seul et par lui-même, à mesure qu'il en sentait le besoin, ou bien poussé par un désir impérieux de savoir.

Hirn n'a suivi les cours d'aucune école, d'aucune Université tous les travaux qu'il a faits, toutes les expériences qu'il a poursuivies pendant de si longues années, et au prix de si grands efforts, il les a faits de ses propres ressources, en y dépensant ses peines et son argent, prélevé sur une modeste aisance, y risquant à tout instant une santé si frêle qu'il semblait impossible qu'il pût suffire aux fatigues de tels travaux.

L'invention et l'application du câble télédynamique a eu sa part dans la notoriété qui s'attache au nom de Hirn : mais tout le mérite en a été attribué par le monde, et par Hirn lui-même, à son frère Ferdinand.

Il n'est pas téméraire de dire que celui-ci, qui n'était pas ingénieur, reçut de son frère un concours efficace dont l'affection fraternelle s'efforçait de diminuer l'importance.

A un caractère affectueux, plein de réserve et de bonté, il joignait une générosité qu'il n'est pas inutile de signaler, par le temps de course au mérite où nous vivons : parmi ceux qui l'ont réellement connu, il n'en est pas un qui puisse dire de sang-froid ou de bonne foi, qu'il ait jamais cherché à se faire un mérite aux dépens du mérite d'autrui.

Hirn a laissé un ensemble considérable de travaux qui se trouvent disséminés dans les publications les plus diverses, et qui lui ont valu dans le monde scientifique une légitime notoriété.

Ingénieur, physicien, savant, philosophe, il a été tout cela sincèrement, honnêtement et sans orgueil.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Le 17 Janvier 1890

PAR

M. Aug. DOLLFUS

MESSIEURS.

La Société industrielle de Mulhouse, au nom de laquelle je viens prendre la parole sur cette tombe trop tôt ouverte, s'honore d'avoir vu l'homme éminent que nous conduisons aujourd'hui à sa dernière demeure, associé à ses travaux depuis près d'un demi-siècle. Je ne saurais ici, Messieurs, en ce moment douloureux où nous sommes tous encore sous l'impression navrante du brusque départ de ce grand homme de bien, vous rappeler tous les travaux, toutes les découvertes remarquables qui ont signalé sa carrière et en conserveront le souvenir aux générations les plus reculées. Hirn, malgré ses occupations industrielles, attachantes pendant longtemps, malgré la lourde responsabilité qui, de ce chef, a longtemps pesé sur lui, ne s'est cependant jamais laissé absorber par ce labeur au point d'oublier et de négliger ses études et ses travaux de science pure. De bien bonne heure, et dès ses premiers pas dans la carrière industrielle, ces études scientifiques l'ont occupé, et ni ses préoccupations industrielles de nature diverse, ni les soins d'une santé trop souvent chancelante, ni plus tard les terribles épreuves auxquelles notre pays a été soumis avec tous ses enfants, et dont il a durement souffert, n'ont pu les lui faire abandonner un seul instant.

L'un des grands mérites de l'homme dont la mort frappe aujourd'hui l'Alsace et le monde scientifique tout entier d'un deuil profond, a été de se former tout seul et par lui-même. N'appartenant

à aucune école, il a été chef d'école lui-même, tant dans le domaine des sciences physiques et mathématiques que dans celui de la philosophie, puis-je dire, car le philosophe profond se manifeste à chaque pas de ses grands travaux, à chaque ligne de ses importants écrits. Et quelle hardiesse souvent dans ceux-ci! Quels problèmes difficiles il abordait presque en se jouant! Et quand on a eu l'occasion de connaître les conditions de santé physique dans lesquelles il se trouvait souvent en combinant, recherchant et trouvant enfin la solution compliquée des problèmes multiples dont il entreprenait l'étude, on ne peut songer sans une sorte de stupéfaction et sans une admiration légitime à la force de caractère qu'il a dû déployer presque constamment pour suffire à une tâche aussi ardue.

Membre correspondant de l'Institut de France, affilié aux académies et sociétés savantes les plus illustres du monde entier, qui avaient tenu à honneur de le compter parmi leurs membres honoraires, M. Hirn n'a cessé sa vie durant, et jusqu'à son dernier moment, de donner toujours l'exemple de toutes les qualités du caractère et de la pratique du devoir accompli. Sa modestie n'était pas moins grande que sa valeur intellectuelle et morale, et nul plus que lui n'a fait de découvertes saillantes avec plus de simplicité et sans jamais s'en enorgueillir ni chercher à se faire valoir.

J'ai eu le privilège de me trouver en relations fréquentes avec Hirn, presque constantes depuis un grand nombre d'années, et c'était toujours pour moi une fête, un bonheur de le retrouver et de chercher auprès de lui des conseils et souvent un appui précieux dans les questions embarrassantes et difficiles qui se posaient trop fréquemment.

Je viens de parler de sa modestie ; je ne puis à ce sujet me rappeler sans émotion la lutte de générosité qui s'engagea, à un moment donné, entre lui et l'un de ses rivaux scientifiques, l'un de ceux qui, en même temps que lui à peu près, découvrait l'immortel principe de l'équivalent mécanique de la chaleur, et cherchait encore à le formuler clairement pour le grand nombre, chacun des deux savants cherchant à diminuer son propre mérite au profit de son confrère, plutôt que de revendiquer tout entière la priorité d'une découverte qu'il savait cependant devoir assurer à son inventeur reconnu une place incontestée et hors ligne dans le Panthéon de la science.

Tel, et toujours aussi bon, aussi affable et accueillant, ayant

toujours un mot aimable pour tous ceux qui venaient lui demander aide et conseil, tel nous l'avons vu jusqu'à ses derniers jours, emportant dans la région d'où il ne reviendra plus, la conscience d'avoir bien et complètement, et utilement rempli une vie consacrée tout entière à la science et aux méditations philosophiques de l'ordre le plus élevé, mais laissant aussi à ceux qui restent le souvenir inaltérable de sa belle existence, et les regrets de l'avoir vue finir trop tôt, alors surtout que tant de graves questions occupaient encore son esprit, et qu'il était à la veille peut-être de soulever pour nous un coin nouveau du voile qui nous cache encore tant de merveilles, que des hommes de son envergure seuls peuvent nous faire entrevoir quelquefois, deviner tout au moins.

Hirn est allé rejoindre aujourd'hui son frère, Ferdinand, qui l'a longtemps aidé dans ses travaux, et qui l'a précédé de quelques années dans la tombe. Que sa dépouille mortelle repose en paix dans cette terre d'Alsace qu'il a aimée d'un amour si profond; adressons-lui donc, Messieurs, au nom de tous ses compatriotes et amis, au nom de tous ses collègues un dernier, un suprême adieu.

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. G.-A. HIRN

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Le 17 Janvier 1890

PAR

M. W. GROSSETESTE

Messieurs,

C'est pour moi un devoir à plus d'un titre de venir prendre la parole au bord de cette tombe.

C'est à Hirn que le Comité de mécanique de la Société industrielle de Mulhouse doit ses plus beaux titres de gloire : je viens au nom de mes collègues en témoigner ici publiquement notre reconnaissance.

Hirn, entre autres titres nombreux était membre honoraire de la Société des ingénieurs civils de France, de la Société française de physique. Ces deux Sociétés m'ont fait l'honneur de me déléguer, à titre de collègue, pour exprimer en leur nom la part qu'elles prennent à ce deuil qui frappe cruellement les hommes qu'elles réunissent.

Ingénieur et physicien, deux titres dont Hirn a porté le caractère très haut, et qu'il a fondu ensemble pour donner encore plus de valeur à ses travaux.

A ces hommages suprêmes venus de loin, je dois joindre ceux d'un groupe de ses compatriotes qui à son insu, avaient entrepris en sa faveur une manifestation d'une éloquence particulière. Une médaille devait être frappée à son effigie, lui être présentée comme un tribut d'admiration de ses compatriotes auxquels avaient demandé à se joindre des amis étrangers, que le hasard des relations avait mis au courant du projet. L'exécution d'une

médaille était une œuvre de longue durée, il sembla prudent, devant les assauts sérieux que la maladie avait livrés à sa santé, au printemps, d'abréger le délai d'achèvement. Une médaille avec l'effigie et un revers provisoire fut coulée, et lui fut présentée le 22 novembre, par un groupe d'amis, dans une démarche intime. Précaution opportune car ce ne fut que le 13 janvier qu'un avis annonçait la prochaine livraison de la médaille définitive.

Le 14 au matin, Hirn expirait

Hirn a donc pu connaître à temps les intentions dont ses compatriotes étaient animés à son égard.

Au nom de ces amis auxquels cette pensée ne peut faire oublier l'amertume de leurs regrets, je viens adresser un hommage suprême à celui que nous aurions voulu honorer de son vivant, et qui n'a reçu que le tribut incomplet de nos sentiments d'admiration.

Il est encore un titre auquel il m'est précieux de pouvoir exprimer ici publiquement mes regrets : Hirn m'avait accordé son amitié, bonne, réconfortante, encourageante.

Tant que durera notre séparation, le souvenir m'en restera précieux. — Hirn, homme excellent, au revoir.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. ANTOINE DURENNE

PAR

M. F. BOURDIL

Antoine Durenne est né le 2 août 1798; il est mort le 2 janvier 1890. Il a été un des créateurs de la France industrielle, un des précurseurs de l'ère actuelle, l'ère des ingénieurs, bref un ingénieur civil avant la lettre, et c'est comme tel qu'il a droit à tous nos hommages.

Il appartenait à une famille de braves. Son père, forgeron, eut treize enfants, dont six garçons. Trois furent tués à l'ennemi, et par suite, Antoine Durenne serait entré comme boursier à l'Ecole Militaire sans la chute de l'Empire. Trouvant cette carrière fermée, il fit son apprentissage comme chaudronnier. A 16 ans, il était déjà contremaitre; à 22 ans, il fondait au faubourg Saint-Antoine son premier établissement, et il se mariait. Sa femme lui apportait une dot bien modique dont l'inventaire est pieusement conservé dans sa famille. C'était un matériel d'objets de chaudronnerie valant 1 200 francs; mais elle fut pendant de longues années le plus vaillant et le plus dévoué des collaborateurs.

En 1820, le livre de caisse a un aspect bien modeste, on y trouve des étamages de 0,10 *f*, et la baignoire de 300 *f* fournie à M. de Lafayette parait alors un gros compte. Je ne crains pas de rappeler ces humbles débuts que le beau vieillard aimait à citer lui-même avec un noble orgueil.

Bientôt, M. Clément Desormes, Ingénieur à la manufacture de glaces, s'intéressa à ce jeune et intelligent ouvrier et lui fit exécuter des appareils plus importants et d'un caractère plus scientifique, notamment des alambics.

Mais c'est avec le développement des chaudières à vapeur que commence la véritable carrière industrielle de M. Antoine Durenne. Il comprit dès l'origine cette force naissante, la vapeur, devenue depuis lors le critérium de la grandeur d'un peuple; et faire l'histoire de la carrière de M. Antoine Durenne, c'est résumer l'histoire de la chaudronnerie en France.

En 1822, il fonda une véritable usine, toujours faubourg Saint-Antoine. La maison Perier venait d'importer d'Angleterre en France les chaudières en fonte avec bouilleurs en fonte, destinées à remplacer les anciennes bonbonnes en cuivre, dont on s'était contenté jusqu'alors. Ces chaudières cylindriques en fonte de 4 *m* de longueur au maximum, de 0,80 *m* de diamètre, avec des bouilleurs de 0,35 *m*, des épaisseurs de 45 à 50 *mm* et des pressions de 5 atmosphères, nous paraîtraient aujourd'hui des jouets; mais dans l'état de l'industrie, c'étaient des jouets dangereux. M. Durenne se fit une spécialité et acquit une réputation en transformant ces chaudières et en remplaçant les bouilleurs en fonte par des bouilleurs en cuivre.

Les chaudières en tôle en tombeau furent adoptées comme chaudière à basse pression; elles avaient la forme d'un cercueil, étaient bardées de fer à l'intérieur et à l'extérieur. M. Durenne en fit un grand nombre. Mais son esprit inventif ne devait pas s'arrêter là, et il fut bientôt tenté de résoudre le problème difficile de la construction des chaudières à haute pression en tôle. Presque tous les éléments manquaient. On ignorait les règles de calcul applicables aux épaisseurs des tôles, aux diamètres et à l'écartement des rivets. Par des tâtonnements méthodiques, Antoine Durenne résolut la question, et ses règles empiriques ont été si bien posées que le calcul et l'expérience les ont confirmées depuis lors. Il fallait cintrer les tôles sans machines, percer les trous de rivets et faire les têtes au marteau, former les ouvriers nécessaires et exiger un cautionnement des riveurs qui abandonnaient leur poste aussitôt leur apprentissage terminé. Les tôles, même celles de l'usine d'Imphy qui possédait les plus gros laminoirs, étaient feuilletées par suite de l'insuffisance des marteaux; elles atteignaient seulement 0,65 *m* de largeur, 2 *m* de longueur, 7 à 8 *mm* d'épaisseur. Enfin, il fallait satisfaire aux exigences d'un règlement qui voulait que les chaudières fussent éprouvées à une pression quintuple de leur pression en marche normale.

A force de persévérance, d'intelligence et d'énergie, Antoine Durenne triompha de toutes ces difficultés et devint un de nos principaux constructeurs.

L'industrie créée, il fallait la perfectionner; il fut encore à la hauteur de la tâche. En 1824, il invente la première machine à poinçonner. En 1833, il construit, avec M. Cochot, les premiers bateaux à vapeur en tôle construits en France. En 1834, il invente la première machine à cintrer les tôles. En 1835, il construit la première grue en tôle, grue de 6 000 *kg*. Cet appareil existe encore dans les ateliers de la maison Durenne. En 1839, il construit pour M. Triger les premiers appareils destinés au forage des puits par l'air comprimé. En 1842, il invente et fait exécuter par Warall et Middleton la première machine à raboter les rives des tôles, machine bientôt imitée par le Creusot, auquel M. Durenne communiqua ses plans, car, généreux autant qu'il était ingénieux et industrieux, il ne prit jamais de brevets et fit toujours gratuitement profiter ses concitoyens de ses nombreuses découvertes.

En 1844, il contribua, avec MM. Schneider, Calla, Carl, Japy, Farcot et quelques autres, à fonder une réunion devenue, depuis lors, la Chambre syndicale des Constructeurs mécaniciens. En résumé il n'est

pas un progrès de la chaudronnerie en France auquel il n'ait été associé. En dehors de ces œuvres complètement originales et personnelles, citons, parmi ses travaux, les chaudières en cuivre forme colimaçon, qu'il fournit à la marine française en 1828, et les soixante locomotives qu'il fournit à la Compagnie d'Orléans en 1843. Lauréat des Expositions de 1839, 1843, 1844, 1849, il était, cette dernière année, fait chevalier de la Légion d'honneur, pour ses nombreux travaux et ses nombreux services. En 1851, il cédait son atelier à son fils aîné, avec une commande d'environ 2 000 000 de kilos, représentant le ponton-mâture et les portes du bassin de radoub du port de Cherbourg, lui qui avait commencé sa carrière avec un matériel de 1 200 *f.* La tâche avait été vaillamment remplie, et le plus pompeux éloge qu'on puisse adresser à une aussi brillante et noble carrière, c'est d'en faire le récit sans commentaires. L'homme privé était digne de l'industriel : bon, aimable, serviable, avenant et généreux, il était d'une grande finesse et d'une grande distinction morale et physique. Il a su élever une famille digne de lui. Je ne parlerai pas des vivants, car je pourrais blesser leur modestie, vu qu'ils sont des nôtres; mais je ne puis passer sous silence le nom d'un de ses petits-fils, Albert Durenne, notre regretté collègue, digne descendant d'un pareil aïeul; ardent et travailleur comme lui, il voulut transporter en France l'industrie naissante et exclusivement anglaise à l'origine de la construction des torpilleurs. C'est pendant des expériences entreprises dans ce but qu'il a pris sur la Seine les germes de la maladie de poitrine dont il est mort, mort pour la patrie, comme un soldat qui tombe au champ d'honneur, et cette mort est un funèbre mais dernier hommage rendu à la mémoire du grand-père Antoine Durenne.

CHRONIQUE

N° 121

Sommaire. — Les canaux maritimes en 1889. — Le touage sur le Danube. — Abattage des arbres par l'électricité. — Un ancien pont suspendu. — Chaudières à très haute pression.

Les Canaux maritimes en 1889. — M. R. E. Peary a publié dans les transactions de l'*American Society of Civil Engineers* un très important travail sur les canaux maritimes en 1889. Le grand intérêt d'actualité que présente cette question nous a engagé à en donner ici un résumé.

I. — Canaux en exploitation.

Canal du Languedoc. — Ce canal, désigné également sous le nom de *Canal du Midi*, ne mériterait pas par ses dimensions d'être classé parmi les canaux maritimes, mais le but pour lequel il a été établi à l'époque, c'est-à-dire le passage de l'Océan à la Méditerranée des navires faisant le cabotage, doit l'y faire admettre; d'ailleurs, la construction de ce canal, au temps où il a été fait par Riquet, constituait certainement une œuvre aussi remarquable que le percement de l'isthme de Suez de nos jours (1).

Ce canal établit, comme on sait, une communication entre Bordeaux, à l'entrée de la Gironde, et Cette, sur la Méditerranée. Sa longueur, de Toulouse à l'étang de Thau, est de 242 *km*, son point culminant a 186 *m* au-dessus du niveau de la mer; son tirant d'eau est de 2 *m*; il a 119 écluses. Il a été ouvert à la navigation en 1681 et a coûté 17 millions de francs, ce qui équivaudrait à plus de 30 millions d'aujourd'hui.

Canal Calédonien. — Ce canal traverse les Highlands d'Ecosse, entre le Firth d'Inverness et le Loch-Eil; sa longueur est de 97 *km*; mais sur cette distance, 61 *km* sont formés par des lacs. L'idée de ce canal remonte

(1) Il n'est pas sans intérêt de rappeler les termes mêmes du préambule de l'édit de création du Canal du Midi, édit signé par Louis XIV à Saint Germain, le 7 octobre 1666.

« Bien que la proposition qui nous a été faite pour joindre la mer Océane à la Méditerranée par un canal de transnavigation et d'ouvrir un nouveau port (celui de Cette), sur les côtes de notre province de Languedoc, ait paru si extraordinaire aux siècles passés, que les princes les plus courageux et les nations qui ont laissé les plus belles marques à la postérité d'un infatigable travail aient été étonnés de la grandeur de l'entreprise et n'en aient pu concevoir la possibilité; néanmoins, comme les desseins élevés sont les plus dignes des courages magnanimes, et qu'étant considérés avec prudence ils sont ordinairement exécutés avec succès, aussi la réputation de l'entrepreneur, et les avantages infinis que l'on nous a représenté pouvoir réussir au commerce de la jonction des deux mers, nous ont persuadé que c'était un grand ouvrage de paix, bien digne de notre application et de nos soins, capable de perpétuer aux siècles à venir la mémoire de son auteur et d'y marquer la grandeur, l'abondance et la félicité de notre règne.

» En effet, nous avons connu que la communication des deux mers donnait aux nations de toutes les parties du monde, ainsi qu'à nos propres sujets, la facilité de faire, en peu de jours d'une navigation assurée par le trajet du canal au travers des terres de notre obéissance et à peu de frais, ce que l'on ne peut entreprendre aujourd'hui qu'en passant au détroit de Gibraltar, avec de très grandes dépenses, en beaucoup de temps et au hasard de la piraterie et des naufrages. »

à 1773 où l'illustre James Watt fit un rapport sur la question, mais ce n'est que plus tard qu'on s'en occupa sérieusement. Au commencement de ce siècle, Telford fut chargé par le gouvernement d'étudier le tracé et ensuite d'exécuter le projet; le travail commencé en 1804 fut achevé en 1823.

L'objectif principal était d'éviter à la navigation un long et dangereux détour par le Firth de Penland où, avant l'introduction de la vapeur, les navires étaient exposés à être retenus plusieurs semaines par les vents contraires. Le canal devait également servir de refuge en temps de guerre pour les navires marchands contre les corsaires et de moyen de passage rapide d'une mer à l'autre pour les vaisseaux de guerre.

Le canal calédonien a été projeté pour recevoir des navires de 6,10 *m* de tirant d'eau ; il a 28 écluses de 51,85 *m* sur 12,20 et 2,44 *m* de différence de niveau; la largeur est de 15,25 *m* au plafond et 36,60 *m* à la ligne d'eau. Le faite se trouve à 30,50 *m* au-dessus du niveau de la mer. Le coût a été de 25 millions de francs. Ce fut une entreprise hardie et remarquable pour l'époque, mais non un succès financier. Les circonstances, notamment la guerre, ont augmenté les prix des matériaux et de la main-d'œuvre de telle sorte que le canal a coûté le double du prix prévu au devis; on a même dû, pour ne pas exagérer les dépenses, renoncer à creuser la tranchée de faite à la profondeur projetée, d'où il résulte que le trafic est limité à des navires de 5,20 *m* de tirant d'eau et 250 à 300 *tx* de capacité. Sans cette circonstance, le canal aurait pu admettre des navires de 1 000 *tx;* l'insuccès financier qui vient d'être signalé est probablement dû à cette raison plus qu'à toute autre.

Canal de Nord Holland. — Autrefois le seul moyen d'accès au port d'Amsterdam était la rade du Texel et le Zuidersée. Ce dernier est rempli de bas-fonds et sa navigation est difficile ; aussi, dès le commencement du siècle, le gouvernement hollandais se décida-t-il à ouvrir une nouvelle communication entre Amsterdam et la mer du Nord.

Il ne pouvait être question de prendre la plus courte distance qui aurait abouti à une côte plate et sans abri ; on dut adopter la direction vers le nord, partant du lac Y, presque en face Amsterdam, et aboutissant au port de Niewediep, sur la rade du Texel. Le canal établi d'après ce tracé porte le nom de Canal de Nord Holland ; il a été commencé en 1819 et terminé en 1825, au prix de 25 millions de francs. Il a 84 *km* de longueur, sa largeur est de 37,50 *m* à la ligne d'eau et 9,45 *m* au plafond, et la profondeur de 5,65 *m*. Il y a à chaque extrémité une double écluse de marée ayant 72,30 *m* sur 15,50 *m* et 24,40 *m* sur 5,65 *m*, ainsi que trois écluses régulatrices.

Le canal de Nord Holland a rendu de grands services au commerce d'Amsterdam et constituait un ouvrage remarquable à l'époque où il a été fait, mais il a perdu toute son importance depuis l'ouverture du canal maritime d'Amsterdam, dont nous parlerons plus loin.

Canal de Crinan. — Ce canal qui traverse la presqu'île de Kintyre, en Écosse, a environ 15 *km* de longueur et 3,70 *m* de tirant d'eau ; il reçoit des navires de 160 *tx* et leur évite le détour de 200 *km* qu'ils feraient pour doubler le Mull de Kintyre.

Canal de Gloucester-Berkeley. — La ville de Gloucester a un accès direct à la Manche de Bristol, c'est-à-dire à la mer, par la Severn, mais le cours de ce fleuve est tortueux et le courant rapide produit par les marées y rend la navigation difficile et dangereuse. La construction d'un canal entre Gloucester et l'embouchure de la Severn fut décidée en 1793 et, après beaucoup de délais, le travail fut achevé par Telford en 1827. Le canal a 49,5 *km* de longueur; la largeur est de 3,96 *m* à 6,10 *m* au plafond et 24,40 *m* à 30,50 *m* à la ligne d'eau : le tirant d'eau est de 3,50 *m*. Il y a à l'extrémité du côté de la mer une écluse de marée pour maintenir un niveau constant dans le canal.

Canal de Witham. — Ce canal, qui met Boston, dans le Lincolnshire, en communication directe avec la mer, permet d'y amener des navires de 2 000 *tx* au lieu de 300, comme auparavant. C'est un des plus importants travaux de ce genre qui aient été faits en Angleterre. La longueur est de 4 830 *m*, la largeur de 40 *m* au plafond et le tirant d'eau de 8,25 *m*. La dépense, avec quelques travaux accessoires, s'est élevée à 3 millions de francs.

Canal Saint-Louis. — Ce canal a été établi pour éviter la barre du Rhône; il met en communication le Rhône avec le golfe de Fos, à l'est de l'embouchure du fleuve. Sa longueur est de 3 200 *m*, sa largeur de 62 *m* à la ligne d'eau et son tirant d'eau de 6 *m*.

Canal de Göta. — Ce canal traverse la Suède de la mer du Nord à Stockholm, sur une longueur de 480 *km* environ, mais il ne constitue en réalité qu'une série de canaux de faible longueur mettant en communication entre eux des lacs qui forment les quatre cinquièmes de la distance totale.

Ces canaux ont 14 *m* de largeur au plafond et 26 *m* à la ligne d'eau, avec 3,05 *m* de profondeur. Le faite est à 91,5 *m* au-dessus du niveau de la mer. Cette voie navigable présente 76 écluses et est traversée annuellement en moyenne par 10 000 bateaux.

Canal de Suez. — Ce grand travail est beaucoup trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister ici à son sujet. Nous nous bornerons à reproduire ce qu'il y a de plus récent dans son histoire.

Du jour de l'ouverture, le trafic du canal de Suez augmenta constamment et rapidement jusqu'en 1877, où il s'éleva à 1 663 navires. Il y a eu décroissement pendant deux années par suite de la crise commerciale, puis il se produisit un accroissement brusque qui doubla presque le trafic de 1879 à 1882 et augmenta encore en 1883, où 3 307 navires représentant 5 775 861 *t* passèrent d'une mer à l'autre.

Cet énorme trafic atteignait la limite de la capacité du canal, et il devenait nécessaire de prendre immédiatement des mesures pour mettre celui-ci à la hauteur d'un nouvel accroissement à prévoir.

Il fut question, un moment, de faire un second canal parallèlement au premier, mais on se décida à élargir et approfondir le canal actuel. Ce projet fut approuvé en 1885; il consistait à porter la profondeur à 9 *m* et la largeur de 65 à 75 *m* dans les parties droites et de 65 à 80 *m* dans les courbes de moins de 2 500 *m*. de rayon. Le cube total à enlever pour

y arriver devait être de 68 000 000 de m^3 et la dépense de 200 000 000 de *f*. Ces travaux devaient d'ailleurs s'opérer en trois périodes successives.

La première période, qui consiste à réaliser une profondeur de 8,50 *m* et une largeur au plafond de 37 *m* est en cours d'exécution; elle doit coûter environ 60 000 000 de *f*.

Depuis 1883, bien que le canal ait été ouvert à la navigation de nuit qui permit de réduire de trente-six à seize heures la durée du transit, le trafic a augmenté moins rapidement que dans les années précédentes, et l'augmentation s'est portée plus sur le tonnage moyen que sur le nombre des navires. L'accroissement de ce tonnage moyen est un fait des plus remarquables ; ce tonnage de 1 000 *t* en 1870 a passé à 2 743 en 1883.

Au point de vue commercial et politique, le canal de Suez a une importance énorme, surtout pour l'Angleterre, dont il rapproche de 7 000 milles ses possessions des Indes comparativement avec le trajet par le cap de Bonne-Espérance. Le pavillon anglais représente, en effet, 75 0/0 du trafic total.

Canal d'Amsterdam. — La longueur du canal de Nord-Holland et l'accroissement des dimensions des navires arrivant à Amsterdam amenèrent, pour mettre cette ville à même de lutter avec le commerce des ports situés plus favorablement, de Rotterdam et d'Anvers, l'établissement d'une communication directe entre Amsterdam et la mer du Nord. Ce nouveau canal n'a que 25 *km* de longueur; sa largeur est de 27 *m* au plafond et 57 *m*. au plan d'eau, et sa profondeur de 7 *m*.

La plus grande partie est creusée dans un lac peu profond et le reste dans des dunes de sable La principale difficulté a été l'établissement et la conservation du débouché dans la mer du Nord, ainsi que le remaniement complet du système de dessèchement de la contrée traversée par le canal. Il y a à l'embouchure sur la mer une double écluse de 120 *m* sur 18.30 *m* et 69,20 *m* sur 12,20 *m*. A l'entrée, dans le Zuiderzée, il y a une triple écluse dont une des chambres à 96 *m* sur 18,30 *m*, et les deux autres 72,60 *m* sur 14,30 *m*.

La construction du canal et du port a exigé l'enlèvement par dragage de 16 000 000 de m^3 de sable dont la plus grande partie au prix extrêmement bas de 25 *c* par m^3. Le canal a été commencé en 1865 et achevé en 1876; la dépense totale a été de 75 000 000 de *f*. Le trafic est considérable et augmente d'une manière continue.

Canal de Saint-Pétersbourg. — Les plans pour l'exécution de ce travail étaient achevés dès 1872, mais les travaux n'ont commencé qu'en 1878.

L'ouverture partielle a eu lieu en octobre 1884. mais l'inauguration définitive n'a été faite officiellement que le 27 mai 1885.

La longueur est de 18 900 *m*, la largeur de 55 à 72 *m* en général et, au maximum, de 100 *m*, la profondeur de 6,70 *m*. Le cube total enlevé s'est élevé à 47 000 000 de m^3 d'argile, de sable et gravier, dont une partie a servi à l'établissement de digues. La dépense a été de 45 millions de *f*.

Le tracé part de l'embouchure de la Néva, où est établi un grand bassin le canal se dirige alors vers Cronstadt et est contenu entre des digues sur une largeur de 62 *m* pendant 3 *km* environ. Une bifurcation joint

Cronstadt d'une part et la Néva au-dessus de Saint-Pétersbourg de l'autre. Les digues reposent sur des grillages en bois remplis de graviers et leurs parois intérieures au canal sont revêtues en bois.

On a employé à la construction 3 500 ouvriers, 13 dragues, 3 locomotives avec 230 wagons, 86 allèges et barques diverses, 12 remorqueurs et 7 machines fixes.

Ce canal a une grande importance tant commerciale que stratégique, en ce qu'elle permet de faire remonter directement à Saint-Pétersbourg les navires de guerre et de commerce. Avant l'ouverture du canal, on devait décharger sur des alléges la cargaison des navires calant plus de 3 *m* tant à l'arrivée qu'au départ. La conséquence de ce travail a été de faire monter le mouvement de sortie du port de Saint-Pétersbourg de 280 000 *t* en 1883 à 950 000 en 1886, mais cet effet s'est produit au détriment de Cronstadt dont le trafic s'est trouvé à peu près annihilé.

Canal de Gand à Terneuse. — Depuis l'an 1250 il a été établi divers canaux pour assurer les communications de Gand avec la mer, la construction du dernier remonte à 1827 ; elle réduisait à 34 *km* la distance de cette ville à la mer, au lieu de 170 *km* par l'Escaut. Mais ce canal n'était plus à la hauteur des progrès de la navigation et il a du être il y a quelques années élargi à 17 *m* au plafond et 53 *m* au plan d'eau, tandis que la profondeur était portée de 6 à 6,70 *m*. Ce travail a été très profitable au commerce de Gand.

A la suite de cette énumération des canaux en exploitation dans l'ancien monde, M. Peary passe à l'examen des travaux analogues existant en Amérique.

Canal de Welland. — Le canal de Welland a été commencé en 1824 et terminé en 1833 par une entreprise particulière, à la profondeur de 2,40 *m*. Il a été repris en 1841 par le gouvernement Canadien et creusé à 2,75 *m*. Cette profondeur fut plus tard portée à 3,05 *m* par l'exhaussement des berges et les écluses furent élargies.

En 1867, le canal pouvait donner passage à des navires de 400 tonneaux. Les dépenses déjà faites s'élevaient alors à 37 millions de francs. En 1871 on trouva nécessaire d'accroître encore la capacité de cette voie navigable ; on commença peu après les travaux qui furent terminés en 1887.

On devait d'abord porter les dimensions des écluses à 82 *m* sur 13,70, la profondeur du canal à 3,60 *m*, mais à peine les travaux furent-ils commencés qu'on reconnut que ce ne serait pas suffisant et on porta le tirant d'eau à 4,27 *m*. Les dépenses avaient été évaluées de 60 à 65 millions de francs, mais ce chiffre a été considérablement dépassé.

Le canal a 42,7 *km* de longueur ; il va du lac Erié au lac Ontario parallélement au Niagara. Son tirant d'eau est, comme on vient de l'indiquer de 4,27 *m* et la largeur au plafond de 30,50 *m*.

Il a 27 écluses donnant une différence totale de niveau de 100,60 *m* et peut recevoir des navires de 1 000 tonneaux. Il est vraisemblable qu'on sera encore obligé de l'élargir avant peu d'années.

Canal de Saint-Mary. — Ce canal qui forme l'émissaire du lac Supérieur est unique à divers points de vue. Il a 1 610 *m* de longueur. son tirant

d'eau est actuellement de 4,90 *m*. Il possède la plus grande écluse du monde 157 *m* de longueur, 24,40 de largeur, 18,30 d'ouverture de portes, 5,20 de hauteur d'eau sur les seuils et 5,50 *m* de différence de niveau entre les biefs.

La construction primitive remonte à 1855 ; il y avait à cette époque deux écluses de 106,75 *m* sur 21,35 avec 3,65 de hauteur d'eau sur les seuils et 2,75 *m* de différence de niveau chacune. Vers 1870 il devint évident que la capacité de trafic du canal devenait insuffisante et on entreprit les travaux d'élargissement, consistant dans la construction de l'écluse actuelle et l'approfondissement du canal à 4,90 *m*. Ils furent achevés en 1881 ayant coûté environ 12 1/2 millions de francs et leur résultat sur le trafic du canal fut tout à fait extraordinaire. Une augmentation considérable se produisit tant sur le nombre que sur les dimensions des navires. Le tonnage a passé en effet de 1 1/2 millions de tonnes en 1881, la première année qui a suivi l'ouverture du canal à grande section, à 4 1/2 millions en 1886, c'est-à-dire qu'il a triplé en cinq ans.

En 1888, le trafic dépassait 5 1/2 millions et, pour l'année qui finit en juillet 1889, il a atteint tout près de 7 millions de tonnes. Il est donc actuellement à peu près le même que celui du canal de Suez ; il y a un mois où il a passé 1 685 navires.

En 1886 on pouvait déjà reconnaître que la capacité maximum du canal serait promptement atteinte, cette capacité étant de 96 navires par vingt-quatre heures, et le chiffre déjà constaté étant de 84. On proposa alors un nouvel aggrandissement qui est en voie d'exécution. Ce travail consiste en une écluse de 240 *m* sur 30,50 *m*, avec 6,40 *m* de profondeur d'eau sur les seuils et 5,50 *m* de différence de niveau et dans l'approfondissement du canal à 6,10 *m*. La nouvelle écluse sera établie à la place des deux anciennes et servira conjointement avec la grande écluse actuelle. Ces travaux doivent coûter environ 24 millions de francs et dureront cinq ans. Si, après leur achèvement, le trafic prend un nouvel essor comparable à celui qu'il a eu après le premier élargissement, et il ne paraît pas y avoir de doute à cela, le canal de Suez, même arrivé à ses dimensions définitives, aura bien de la peine à lutter pour l'importance du transit avec le canal de Saint-Mary.

L'écluse actuelle est non seulement la plus grande, mais, disent les Américains, la plus belle du monde entier ; elle est manœuvrée par la puissance hydraulique fournie par la chute de l'écluse ; une opération complète de passage d'un navire s'effectue en *treize minutes*. Le droit de passage par le canal s'élevait en 1882 de 0,075 *f* à 0,10 *f* par tonne ; il est actuellement réduit à 0,025 *f*.

Canal de Des Moines. — Ce canal fait éviter les rapides de Des Moines, sur le Mississipi. Il a 12,25 *km* de longueur, 91,50 *m* de largeur, 1,50 *m* de profondeur aux basses eaux et 5 à 7,80 *m* aux hautes eaux. Les écluses ont 105 *m* sur 24 *m*. La dépense s'est élevée à 22 1/2 millions de francs. En 1885, ce canal a donné passage à un millier de navires.

Canal de Louisville et Portland. — Cette voie de navigation, établie dans un but analogue à celui du précédent et avec les mêmes dimensions,

tourne les chutes de l'Ohio à Louisville. En 1885, elle a donné passage à 5 000 navires d'un tonnage collectif de 1 217 231 *t.*

L'auteur termine ici l'énumération des canaux maritimes en exploitation. Cette liste nous paraît présenter quelques lacunes ; on pourrait en effet y ajouter, rien que pour la France, le canal de Caen à la mer qui a 4 *m* de tirant d'eau et le canal de Tancarville, bien que ce dernier soit surtout destiné à la batellerie.

(A suivre.)

Le touage sur le Danube. — Les publications de l'*Institution of Civil Engineers* contiennent comme appendice à une lecture faite par Sir Charles A. Hartley sur la navigation intérieure en Europe, un rapport de M. Murray-Jackson, Ingénieur en chef de la Compagnie de navigation du Danube, sur le touage à vapeur. Bien que ce rapport remonte à quelques années déjà, il nous paraît conserver tout son intérêt ; il porte principalement sur la question de la comparaison des toueurs et des remorqueurs.

Les avantages du touage sur chaîne immergée au point de vue mécanique sont bien connus, mais on oublie trop souvent que ces avantages ne peuvent être acquis qu'au prix d'une mise de fonds très importante, laquelle est proportionnelle à la longueur et au poids de la chaîne. Cette chaîne a besoin d'être renouvelée au bout de dix ans, et si on compte, en outre, l'entretien, les réparations et l'intérêt du capital, on est conduit à estimer à 15 0/0 de ce capital d'acquisition, par an, l'avantage obtenu de la chaîne (1).

Sur l'Elbe et sur le Danube, la chaîne avait été établie à l'origine avec un diamètre de fer de 0,022 *m*. A la suite de ruptures multipliées, on a dû lui substituer une chaîne de 25. La chaîne du Danube est en fer de qualité spéciale ; elle est formée de maillons courts de 0,102 sur 0,088 *m* ; elle pèse presque exactement 1 *kg* par maillon, soit 15 130 *kg* par kilomètre ; elle est faite par bouts de 91,5 *m* (100 yards) assemblés par des maillons spéciaux.

L'effort de rupture est garanti à 30 *t.* et chaque bout de 91,5 *m* a été soumis à un effort de 10 *t* qui n'a produit aucune déformation permanente.

Cette chaîne a coûté environ 9 500 *f* par kilomètre, y compris les droits de douane à 12 0/0 ; la longueur totale de 64,5 *km*, posée entre Presbourg et Vienne (y compris le mou nécessaire évalué à 5 0/0), a donc coûté 612 750 *f*. Les glaces, les hautes eaux extraordinaires (qui sont périodiques), etc., durant lesquelles le touage ne peut fonctionner, réduisent le nombre des jours de marche à 300 par an. Les 15 0/0 dont il a été parlé plus haut font donc une somme de 300 *f* par jour, en nombre rond, que coûte l'emploi de la chaîne.

Les meilleurs remorqueurs à roues qui font le service entre Presbourg et Vienne n'ont jamais un recul de plus de 50 0/0, mesuré au tiers de la hauteur de l'aube à partir du bord extérieur. Ces remorqueurs font le trajet en douze heures en moyenne et, comme le courant a une vitesse

(1) En France on compte seulement de 8 à 10 0/0 par an, la durée de la chaîne ayant été reconnue très supérieure à dix années.

de 6,5 *km* à l'heure, la distance réelle de Presbourg à Vienne, qui est de 61 *km*, se trouve effectivement portée à 139, tandis que la circonférence des roues décrit un parcours double, soit 278 *km*. L'effet utile des roues se trouve ainsi réduit à 22 0/0.

Si on suppose que la charge du toueur est la même que celle du remorqueur à roues, la résistance sera la même si on admet une même série de voyages de douze heures et, s'il n'y avait aucune perte de travail avec la chaîne, le travail nécessaire serait de 1 pour le toueur contre 4,5 pour le remorqueur. On peut évaluer à 10 0/0 la perte par le mou et le glissement, mais il y a en outre à tenir compte des frottements considérables des rouleaux et des tambours sur lesquels s'enroule la chaîne.

Pratiquement, le trajet sur chaîne de Presbourg à Vienne s'effectue en quatorze heures et la charge maxima est de 1 000 *t* réparties sur quatre bateaux, tandis que les remorqueurs prennent 500 *t*, soit la moitié, portées sur deux ou trois bateaux.

Les toueurs brûlent 4 300 à 4 750 *kg* de combustible et les remorqueurs 9 000 à 9 500 *kg*. Deux remorqueurs brûleraient donc 18 000 à 19 000 *kg* pour traîner 1 000 *t*. La proportion est donc de 4 à 1.

Si le trafic total annuel s'élève à 300 000 *t*, ce qui correspond à un train de touage par jour ou à deux remorqueurs, on peut établir la comparaison comme suit :

Pour 300 voyages 1 350 *t* à 20 *f*	27 000 *f*
15 0/0 sur le prix de la chaîne.	90 000
TOTAL.	117 000 *f*
Pour 600 voyages de remorqueurs 5 400 *t*.	108 000

Le touage coûte donc plus cher pour un trafic de 300 000 *t*, mais si le trafic double, c'est-à-dire monte à 600 000 *t*, les choses changeront; le touage coûtera avec deux toueurs 144 000 *f*, tandis que le remorquage arrivera à 216 000 *f*. donnant ainsi un bénéfice de 72 000 *f* au lieu d'une perte de 9 000 *f*. De même, si on doublait la longueur de la chaîne, avec le trafic indiqué en dernier lieu, l'économie augmenterait dans la même proportion que le parcours.

Il est nécessaire de faire remarquer ici que l'hypothèse admise qu'il faut deux remorqueurs pour faire le travail d'un toueur n'est pas rigoureusement exacte. Lorsque le touage est interrompu, par exemple, dans les hautes eaux (1), les remorqueurs à roues peuvent encore faire régulièrement leur service. Le touage aurait donc une certaine impuissance occasionnelle et, de plus, il ne peut faire des services intermédiaires sans une perte de temps. En outre, il arrive souvent que les trains de touage sont loin de représenter la charge maxima. Le grand inconvénient du touage sur une ligne de navigation de grande étendue lorsqu'il n'existe que partiellement, comme sur le Danube, est que le toueur ne peut

(1) Sur la Seine, c'est le contraire (en ce qui concerne la remonte); en été, quand les barrages fonctionnent, le courant devient presque nul, l'avantage des toueurs sur les remorqueurs disparaît et les prix de traction diminuent (jusqu'à 50 0/0). En hiver, quand les eaux montent et que les barrages sont baissés, les remorqueurs ne peuvent plus lutter avec le touage qui relève ces prix. A la descente, il n'en est plus de même, l'avantage des toueurs est d'autant moindre que le courant est plus rapide.

être employé que là où existe la chaîne, tandis que le remorqueur va partout.

Les remorqueurs du Danube ne se servent pas de la chaîne à la descente du fleuve, ils emploient des roues à aubes articulées, dont ils sont munis depuis peu (1), et peuvent prendre des barques en remorque dans ce sens, Ce n'est que sur le Danube qu'il existe des toueurs à roues, ce qui est une disposition très avantageuse. Sur l'Elbe, la descente se fait par les bateaux sans le secours de la vapeur. Ceux qui remontent sont vides ou peu chargés et sont traînés par des toueurs sur chaîne; il est vrai que le courant de l'Elbe est beaucoup moindre que celui du Danube. Avec les remorqueurs à roues, il faut avoir soin de ne pas exagérer la charge et de la proportionner à la fois à la puissance du bateau et à celle du courant, autrement le recul devient énorme et entraîne une perte considérable de travail.

Abatage des arbres par l'électricité. — Dans les grandes forêts de la Galicie on emploie l'électricité pour l'abatage des arbres.

L'outil dont on se sert pour les bois d'essence tendre est une tarière animée d'un mouvement de va-et-vient, en plus du mouvement de rotation qui lui est donné par un petit moteur électrique. Le tout est monté sur un chariot qui peut tourner autour d'un axe vertical et qu'on fixe au tronc de l'arbre à abattre. La mèche de l'outil décrit un arc de cercle et fait une saignée dans le tronc en opérant comme une machine à mortaiser le bois.

Lorsqu'une passe est pratiquée, on avance l'outil pour approfondir la saignée jusqu'à ce que celle ci soit arrivée à la moitié du diamètre du tronc; on met alors des cales pour empêcher la fente de se refermer et on opère de l'autre côté jusqu'à ce qu'il devienne dangereux d'aller plus avant. L'opération est terminée à la hache ou avec une scie à bras. Le travail se fait très rapidement et avec très peu de main-d'œuvre.

On avait essayé, il y a quelques années, en Amérique de scier les arbres avec un outil ayant, au lieu de lame dentée, un fil métallique porté au rouge blanc par un courant électrique. Il ne paraît plus avoir été question de ce procédé.

Un ancien pont suspendu. — Nous trouvons dans le *Street Railway Journal*, de New-York, le curieux renseignement suivant:

Le tramway qui va de Amesbury à Newburyport, Massachusetts, présente cette particularité de traverser le Merrimac sur un pont qui est tout simplement le plus ancien pont suspendu qui existe en Amérique (et bien certainement aussi dans le monde entier). En effet ce pont a été inauguré le 26 novembre 1792, de sorte qu'il aurait actuellement un siècle ou bien peu s'en faut.

Ce pont se compose en réalité de deux ponts réunissant à chaque rive du fleuve une île appelée Deer Island qui est au milieu. La lon-

(1) Sur la Seine il y a des toueurs munis d'hélices pour opérer la descente lorsque le courant est rapide. Les bateaux vides descendent quelquefois seuls et sans aide, ce qui est très lent, aussi pour gagner du temps, l'usage du touage ou du remorquage se répand de plus en plus, même pour ce cas.

gueur totale est de 314 *m*, la largeur de 10 40 *m* en deux tabliers et la hauteur de 11 30 *m* au-dessus des hautes eaux.

Il y a quatre rangs de chaînes, deux pour chaque tablier, chacun composé de trois chaînes. Ces chaînes sont en fer carré de 25 *mm* de côté, formant des maillons soudés de 0 65, *m* de longueur. Les tiges de suspension sont disposées de la manière la plus primitive ; elles sont terminées par un double crochet qui s'engage dans deux maillons adjacents. Les chaînes passent sur de massifs piliers en charpente bordés de planches, formant deux arcades pour le passage et portés sur les culées. L'ancrage a été visité il y a quelques années et les extrémités des chaînes qui sont noyées dans la maçonnerie ont été trouvées en parfait état. Le pont a été construit en sept années sous la direction de Timothy Palmer, de Newburyport. L'article d'où ce qui précède est extrait est accompagné d'une vue faite d'après une photographie.

Ceci était écrit lorsqu'il nous est tombé sous la main l'ouvrage intitulé *American Railroad Bridges*, par Théodore Cooper, où il est parlé de ce pont d'une manière qui modifie un peu la description précédente.

Le pont primitif, construit par Timothy Palmer, en 1792, se composait de deux ponts, non pas *suspendus*, mais en bois. Celui du côté de Newbury fut remplacé en 1810 par un pont suspendu en chaînes, construit par John Templeman; ce pont a 74 40 *m* de portée entre les culées. L'autre pont est resté dans son état primitif jusqu'en 1883. Le reste de la description précédente est exact; il n'y a qu'à substituer la date de 1810 à celle de 1792, ce qui donne encore à cet ouvrage d'art une antiquité suffisante pour un pont suspendu.

Chaudières à très haute pression. — M. Charles Bastow Carebourne a fait le 26 décembre dernier à la *North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders* une communication dans laquelle il a développé des considérations très originales sur la construction des chaudières à très haute pression.

L'auteur expose d'abord l'intérêt qu'il y a, suivant lui, à accroître la pression de marche des machines, notamment pour la marine. En passant de 5 à 5 1/2 *kg* pression des machines Compound à 10 à 11 *kn* avec les machines à triple expansion, on a réalisé une économie de 20 à 25 0/0; il y a une économie à peu près égale à réaliser en portant la pression de 10 à 11 *kg* à 17 ou 18 *kg* et en employant des machines à quadruple expansion.

La difficulté est la question des chaudières. Le type de locomotives présente le double inconvénient d'être d'un nettoyage difficile et de donner des entraînements d'eau considérables avec les mouvements du navire. Certains ingénieurs voient la solution dans l'emploi des chaudières à petits éléments. M. Carebourne préfère s'en tenir au type éprouvé des chaudières cylindriques actuelles.

La seule difficulté avec ces chaudières pour les mettre à même de supporter des pressions de 17 à 18 *kg* est dans les enveloppes, c'est-à-dire la partie cylindrique. On est déjà arrivé à employer des tôles d'acier de 0,035 *m* d'épaisseur. C'est la limite ; au delà on ne pourrait plus compter sur la qualité des tôles, et le cintrage deviendrait difficile;

et créerait une cause sérieuse d'insécurité, ainsi que l'assemblage par rivets.

On peut dans une certaine mesure surmonter cette difficulté par l'emploi déjà réalisé de viroles laminées sans soudure.

Quoi qu'il en soit, voici la solution ingénieuse proposée par l'auteur. La chaudière a la disposition ordinaire, mais la partie cylindrique est formée de deux enveloppes laissant entre elles un intervalle de 1 ou 2 *dm* dans lequel agit un fluide ou liquide sous pression, qui peut être quelconque, mais qui, dans l'espèce, est naturellement de la vapeur ; la pression de cette vapeur contre-balance partiellement la pression intérieure de la chaudière. Ainsi, si la pression intérieure est de 18 *kg* et la pression dans l'enveloppe de 8, la tôle du corps cylindrique intérieur ne devra avoir que l'épaisseur des anciennes chaudières travaillant à 10 *kg*, et la tôle de l'enveloppe extérieure l'épaisseur correspondant à 8.

L'emploi d'une double paroi augmentera certainement le poids, mais pas beaucoup plus qu'avec les tôles épaisses correspondant à la nouvelle pression et dont l'usage entraînerait d'ailleurs des difficultés sérieuses de construction.

L'auteur ne croit pas qu'il y ait lieu de renforcer beaucoup les autres parties de la chaudière. Les tubes ont généralement une épaisseur suffisante ; on pourrait d'ailleurs réduire légèrement le diamètre qui est relativement grand dans les chaudières marines. Les tirants seraient renforcés et leur écartement ainsi que celui des entretoises un peu réduit. L'épaisseur des plaques tubulaires est réglée plutôt par la nécessité d'avoir un bon emmanchement des tubes que par la résistance à la pression de la vapeur. Avec les foyers ondulés de Fox, il n'y aurait que peu de surépaisseur à donner. D'ailleurs les 20 ou 25 0/0 d'économie à réaliser par suite de l'emploi d'une pression très élevée permettraient de diminuer d'autant les dimensions de la chaudière, ce qui viendrait combattre et réduire l'augmentation du poids.

La pression dans l'enveloppe serait réglée par un régulateur automatique, et l'évacuation continue de l'eau condensée serait assurée d'une manière convenable.

Il semble que certaines objections puissent être faites sur le terrain pratique à cette proposition : les fuites dans la paroi intérieure difficile à aborder, la difficulté de la surveillance et même de la construction, le danger très grave qui résulterait d'une modification notable en plus ou en moins de la pression dans l'enveloppe, etc. L'expérience seule pourra décider de la valeur de l'idée, mais celle-ci nous a paru assez intéressante et assez ingénieuse pour mériter d'être signalée, étant donnée surtout l'importance du but à atteindre.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1889

Production mécanique et utilisation du froid artificiel, par M. G. Richard, Ingénieur civil des Mines.

Cette étude a été préparée à la demande du Comité d'organisation du Congrès international de Mécanique appliquée, qui s'est réuni au Conservatoire des Arts et Métiers, du 16 au 21 septembre 1889, sous la présidence de M. Philipps. Nos collègues trouveront un résumé de cet important mémoire dans le compte rendu des travaux du Congrès de Mécanique, présenté à la Société des Ingénieurs civils, par M. Boudenoot dans la séance du 17 janvier 1890.

Métallurgie. — Congrès de l'*Iron and Steel Institute.*

Le compte rendu des travaux et des excursions de l'*Iron and Steel Institute* a été donné dans le bulletin de novembre 1889 de la Société des Ingénieurs civils, page 626 et suivantes.

Exposition universelle de 1889. — Liste des membres du Jury international des récompenses.

Extraction de la glycérine des fabriques de savon. (Traduit du *Zapiski.)*

Locomotive électrique d'Immisch pour les mines. (Traduit du *Dingler's polytechnisches Journal.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Octobre 1889

Action dynamique des charges roulantes sur les poutres droites qui ne travaillent qu'à la flexion, par M. Souleyre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur fait observer que l'on calcule toujours l'action des charges roulantes comme si leur vitesse de déplacement était insignifiante. Or, cette vitesse peut majorer les efforts statiques pour quatre raisons différentes :

1° Parce que la charge prend un mouvement de tangage ou de lacet, suivant les cas, sous l'action de son propre déplacement ;

2° Parce qu'en se déplaçant avec une certaine vitesse, elle produit sur

la poutre un mouvement vibratoire et donne lieu à des flèches différentes des flèches statiques ;

3° Les inégalités de la surface de roulement donnent lieu à des chocs ;

4° Les ondulations qui se transmettent à la poutre, avant qu'elle n'arrive à son équilibre définitif, peuvent modifier l'état moléculaire du métal et altérer sa résistance.

On a cherché depuis longtemps à évaluer directement par le calcul l'action dynamique des charges roulantes, mais toutes les méthodes proposées sont incomplètes. Outre qu'elles supposent une voie de roulement en parfait état, elles admettent que l'effet dynamique va en croissant indéfiniment avec la vitesse, ce qui n'est pas exact.

L'auteur pense qu'on peut arriver à un résultat plus satisfaisant par un procédé qui consiste à ramener l'étude des flèches à celles des moments et à mettre les résultats sous forme d'intégrales définies.

En développant cette méthode, toute différente de celle de l'intégration des équations différentielles d'équilibre employée par la plupart des auteurs, M. Souleyre arrive aux conclusions suivantes :

1° Les effets dynamiques décroissent avec les portées, mais moins rapidement qu'on ne serait tenté de le croire pour des portées de 30 à 100 *m* ;

2° Les effets sont très variables selon la région considérée sur la poutre ;

3° Ils sont insignifiants pour les poutres principales des ponts-routes et le seul intérêt de la construction de ces ouvrages consiste dans l'étude de ces déformations anormales dont M. Considère a donné des exemples.

Il en résulte que, pour les ponts calculés selon les errements actuels, la matière est souvent loin d'être rationnellement distribuée. Pour les ponts à travées solidaires surtout, les méthodes de calcul des moments statiques généralement usitées donnent une idée très inexacte de la répartition des moments dynamiques

Il y aurait donc à adopter des coefficients de travail statique variables avec la nature et la portée des poutres. On peut croire qu'on serait ainsi à même d'améliorer les conditions d'entretien des ouvrages métalliques, tout en réalisant sur les frais de construction des économies modestes mais définitives.

Déformations des barrages en maçonnerie qui ferment des gorges étroites, par M. Souleyre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On détermine généralement le profil des barrages en maçonnerie comme si le mur avait une longueur indéfinie. Si, au contraire, la longueur est à peine supérieure à la hauteur totale, la résistance des appuis latéraux ne saurait être négligeable.

Le but de cette note est de rechercher la manière dont les efforts se répartissent sur un barrage de section rectangulaire, et de section triangulaire, avec des hauteurs et largeurs de même ordre de grandeur.

Comparaison de la circulation des routes nationales avec celle des chemins de grande communication de l'Oise, par M. Debauve, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Dans le département de l'Oise, la circulation des chemins de grande communication n'est guère que la moitié de celle des routes nationales et leur crédit d'entretien doit nécessairement être inférieur à celui des routes. L'auteur pense que ces résultats comparatifs doivent très probablement s'étendre à toute la France et donne ce fait pour réfuter l'argument capital mis en avant pour justifier le déclassement des routes nationales, savoir que l'entretien de celles-ci coûterait plus cher au mètre courant que l'entretien des chemins de grande communication.

ANNALES DES MINES

5me livraison de 1889.

La garantie d'intérêt et son application en France à l'exécution des travaux publics, par M Colson, Ingénieur des Ponts et Chaussées, maitre des requêtes au Conseil d'Etat.

Ce travail a déjà été publié dans les *Annales des Ponts et Chaussees* (Voir comptes rendus d'avril 1889, p. 720).

Discours prononcé aux funérailles de M. Fuchs, Ingénieur en chef des Mines, le 9 septembre 1889, par M. Haton de la Goupillière, Inspecteur général, directeur de l'Lcole supérieure des Mines.

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre

Excursion faite à Commentry le 24 mars 1889. — Cette excursion avait pour objet la visite de l'atelier de préparation des charbons de la houillère de Commentry. Cette installation se compose d'un atelier de criblage et de triage et d'un atelier de lavage.

Le charbon est amené des puits par trains de 82 wagonets portés sur 13 plates-formes représentant un poids total de 80 *t* et un poids utile de 32.8 ; on fait 42 trains semblables par poste de dix heures.

L'atelier de triage comporte 6 cribles alimentant 12 tables de triage ; chaque appareil de triage se compose d'un receveur mécanique, d'un rouleau distributeur, d'un crible et de 2 tables pour le triage du charbon. Chaque table trie 12 *t* à l'heure de charbon de première qualité après criblage sur tôle à trous de 28 *mm*, ou 20 *t* de charbon de deuxième qualité après criblage sur tôle à trous de 50 *mm*. Les déchets de triage sont ensuite repassés à un trommel qui peut traiter 100 *hl* à l'heure. Les charbons triés et les menus sont conduits par des toiles de transport dans les wagons.

L'atelier de lavage comprend 2 lavoirs accolés et 3 lavoirs simples. Chaque lavoir débite en moyenne 15 *t* à l'heure en réduisant la teneur en cendres de 12 à 8 0/0. Les charbons lavés sont mis en tas et relevés par des wagonnets au niveau supérieur de la recette au moyen de deux monte-charges à vapeur placés à chaque extrémité de l'atelier. Ces monte-charges dont le piston à 0,45 *m* de diamètre et 1,90 de course élève 400 *kg* par course à la hauteur de 10,70 *m* en vingt secondes.

La réunion a assisté à des expériences de havage mécanique faites à la tranchée de Longeroux avec la machine Paul Fayol, mue par l'air comprimé. Cet appareil se compose essentiellement d'une lame à dents de scie portée par une bielle ayant un mouvement analogue à celui d'une bielle d'accouplement de locomotive ; les dents décrivent un cercle de même rayon que celui des manivelles travaillant les unes après les autres et chacune ne trace qu'une faible portion de la rainure.

La lame faisant 100 tours par minute la vitesse de havage à l'heure est de 12 à 24 *m* selon la nature de la houille. La dépense journalière étant, tout compris, de 35 à 40 *f* par poste de neuf heures, le prix de revient du havage, pour 50 à 80 m^2 par jour, ressort à 0,50 à 0,75.

Réunion de Saint-Etienne

Séance du 2 Novembre 1889

Ventilateur système **Rateau.** — Dans une précédente communication (Voir comptes rendus d'octobre 1889, p. 544) on a indiqué les résultats obtenus avec un ventilateur de forge à roue à palettes de 50 *cm* de diamètre. M. Rateau a depuis poursuivi des recherches pour élucider les points suivants : 1° le nombre (20) des palettes n'est-il pas trop grand? 2° comment la palette agit-elle sur l'air, le travail qu'elle effectue a-t-il pour effet d'accroitre la pression de l'air ou plutôt sa vitesse ? 3° quelles sont les pertes que la volute et la base occasionnent, c'est-à-dire comment le diffuseur et la base transforment la force vive de l'air en pression statique. On trouvera dans la note le détail des recherches sur chacun de ces points.

Avec les modifications qu'ont suggérées ces expériences appliquées à un ventilateur de 1 40 *m* que la maison Biétrix installe en ce moment sur une mine des environs de Saint-Etienne, l'auteur espère atteindre un rendement manométrique de 130 0/0 et un rendement en travail de 85.

Communication de M. Termier sur le **Massif cristallin du Mont Pilat.**

Communication de M. Renault sur une **nouvelle disposition pour piles voltaïques.** — Cette pile consiste en un vase extérieur en graphite contenant le liquide excitateur et constituant le pôle positif. Le pôle négatif est formé d'un demi-disque de zinc pouvant tourner autour d'un axe horizontal supporté par un couvercle en bois fermant la

pile et empêchant l'évaporation du liquide. On peut ainsi plonger le zinc dans le liquide ou le retirer ; on emploie comme liquide un sel mixte à base d'acide chromique, très soluble dans l'eau et renfermant la quantité de mercure nécessaire pour maintenir le zinc dans un état parfait d'amalgamation. Chaque élément de pile possède une force électromotrice de 18 volt et, suivant sa capacité, de 3 à 6 ampères.

Communication de M. Villiers sur **le pont du Forth.**

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NEERLANDAIS (1)

Livraison du 11 janvier 1890

Le théorème des trois réactions dans une poutre continue avec points d'appui à distances inégales par M. van den Berg.

L'influence du pont sur l'Issel à Deventer sur le régime de cette rivière par M. de Wildt.

Avant la construction du pont du chemin de fer un peu en aval de la ville de Deventer, on se préoccupait des remous que la présence de cet ouvrage d'art pouvait occasionner à la surface de l'eau lors des crues extraordinaires, ce qui pouvait avoir des conséquences funestes pour les localités environnantes. Il y eut de vives discussions entre la ville et la Société de construction, discussions qui durent être tranchées par une décision ministérielle. M. de Wildt met en lumière les divers éléments de cette discussion et traite en même temps un problème hydrologique d'un très grand intérêt.

Le port de Harlingen, et ses accès, par M. F. L. Ortt.

Le port maritime de Harlingen, dans la Frise, est accessible aux navires d'un tirant d'eau de 3 à 4 20 *m.* A diverses époques, notamment de 1870 à 1876, on a cherché à l'améliorer, sans qu'on ait obtenu des résultats satisfaisants à tous les points de vue. M. Ortt donne un aperçu historique des travaux exécutés, des progrès accomplis et de ceux qu'on pourrait encore obtenir.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *4 Janvier 1890*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Expériences sur une machine à triple expansion de la fabrique d'Augsbourg par M. Schrôter.

Toiture et plancher métalliques de la salle d'étude des archives de l'état de Finlande à Helsingfors.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Ecoles techniques moyennes. — Chemins de fer funiculaires.

Groupe de Berlin. — Projet de législation sur la propriété foncière. — Canalisations pour l'électricité.

Groupe de Manheim. — Nouveautés de la dernière exposition de Bruxelles. — Procédé Spengler pour l'épuration des eaux d'alimentation des chaudières. — Réparation des essieux coudés. — Distribution de force par l'air comprimé à Paris.

Association des chemins de fer. — Substitution des rails d'acier.

Patentes

Correspondance. — Embrayages.

Variétés. — Rapporteur pour tracer les angles de Bing. — Exposition d'électricité.

N° 2. — *11 Janvier 1890.*

Des divers systèmes de réducteurs pour indicateurs et du rapport qu'ils donnent avec la course du piston, par W. Hartmann.

Causeries sur la mécanique appliquée, par le Dr G. Holzmuller, (*suite*).

Installation frigorifiques du système Humboldt, par G. Nimax.

Machines à vapeur. — Expériences sur la machine à triple expansion du steamer *Météor.*

Groupe de Hanovre. — Entrainement des corps solides par l'air. — Carburation du gaz de houille.

Groupe de Hesse. — Expériences de tir avec du petit plomb.

Groupe du Rhin inférieur. — Chemin de fer hydraulique glissant de Girard.

Patentes.

Bibliographie. — Encyclopédie des chemins de fer, par le Dr V. Roll et C. Wurmb.

Variétés. — Tramways électriques. — Exposition d'électricité. — Exposition agricole.

N° 3. — *18 Janvier 1890.*

Développement technique des compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley (*suite*).

Des divers systèmes de réducteurs pour indicateurs et du rapport qu'ils donnent avec la course du piston, par W. Hartmann, *(fin)*.

Causeries sur la mécanique appliquee, par le Dr G. Holzmuller *(suite)*.

Le chemin de fer funiculaire du Burgenstock, par A. Sommerguth.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Projet de législation sur la propriété territoriale.

Groupe de Berlin. — Procédé d'épuration des eaux d'alimentation, de A. L. G. Dohne, à Halle.

Groupe de la Lenne. — Barrages.

Patentes.

Bibliographie. — Guide du constructeur de machines, par Joseph Pechan. — Manuel de sondage, par Th. Tecklenburg.

Correspondance. — Élévation de la pression dans les machines Compound.

Variétés. — Installations électriques à Paris. — Pression du vent. — Expériences sur une chaudière Tenbrinck.

N° 4. — *25 janvier 1890.*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine » par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Chemin de fer funiculaire du Burgenstock, par A. Sommerguth *(fin)*.

Groupe de Bergues. — Machine dynamos de Haedicke. — Influence de la nature des eaux sur la durée des chaudières. — Appareil de Bainz pour l'extraction de l'or,

Groupe du Rhin inférieur. — Rouleau compresseur à vapeur. — Fabrication du sucre de betterave.

Patentes.

Variétés. — Chaudières à vapeur avec disposition fumivore à l'exposition générale allemande d'appareils pour la prévention de accidents, à Berlin en 1889. — Exposition générale du matériel de guerre et du service des armées, à Cologne en 1890.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AU

1er JANVIER 1890

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1890.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS											
Académie des Sciences (Comptes rendus de l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (l')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de la Fabrique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album de statique graphique relatif aux chemins de fer, routes nationales, navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Almanach-Annuaire de l'Électricité	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de l'Observatoire de Nice	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales des Chemins vicinaux	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées et des Garde-mines	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Travaux publics (les)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Conservatoire des arts et métiers	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Annales économiques (les)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Annales industrielles	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Année Industrielle (l')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire des Mines et de la Métallurgie française	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire spécial des chemins de fer belges	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Association amicale des élèves de l'École Nationale Supérieure des mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Industriels de France pour préserver les ouvriers des accidents du travail	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association française pour l'avancement des sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association pour prévenir les accidents de fabrique fondée sous les auspices de la Société industrielle de Mulhouse (Compte-rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Astronomie (l')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Avenir des chemins de fer (l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Blé (le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bourse Lyonnaise (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Bulletin de l'imprimerie et de la librairie	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin de l'Institut Égyptien	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Bulletin des sommaires	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Bulletin international de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Bulletin du Ministère des Travaux publics	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Bureau international des poids et mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Dunkerque	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Chambre de commerce de Paris	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Charbon (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Chronique industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Comité de géographie de Reims	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Comité des Forges de France	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Compagnie du chemin de fer du Nord. — Rapport présenté par le Conseil d'administration	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Compagnie générale des Omnibus de Paris. Rapport au Conseil d'administration	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Compte rendu des opérations des Chemins de fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Compte rendu des opérations du chemin de fer du Grand Central belge	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	

Constructeur (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction Moderne (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Documents statistiques relatifs aux chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Droit industriel (le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
École nationale des Ponts et Chaussées. (Collection de dessins distribués aux élèves. — Légende explicative des planches.)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École spéciale d'architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économie sociale (l')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Économiste français (l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Encyclopédie d'architecture	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Exportation française (l') (édition C et édition A)	»	»	1	»	1	»	»	»	»	»	»
Fer (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie civil (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie française (l')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Inventions Nouvelles (les)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal d'Agriculture pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de la Compagnie générale transatlantique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chambres de commerce (le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Mines et des Chemins de fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Machines-outils (publication industrielle des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Monde de la Science et de l'Industrie (le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie française (le)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur général (le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur industriel	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Papeterie (la)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Portefeuille économique des Machines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de la Législation des Mines	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Génie militaire	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue financière du Mexique (la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale d'Architecture	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue générale des Chemins de fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Revue horticole	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue internationale de l'Électricité	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue maritime et coloniale	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue technique de l'Exposition universelle de 1889	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue universelle des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine financière (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Service hydrométrique du bassin de la Seine et du bassin de l'Adour (Observations sur les cours d'eau et la pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Situation des chemins de fer français	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique d'architecture de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société académique franco-hispano-portugaise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Société belge d'électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Agriculture de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'économie politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de l'Est	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de Marseille	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société de l'Industrie minérale (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de l'Industrie minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle (Annuaire) . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Société de protection des Apprentis	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	
Société de secours des Amis des Sciences.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Société de Statistique de Paris (Journal de la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Agriculteurs de France (Bulletin).	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des arts, classe d'industrie et de commerce (Genève)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Société des études coloniales et maritimes	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société des Sciences industrielles de Lyon	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société et Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers, fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Société française de Minéralogie	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société française de Physique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société industrielle de l'Est	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Société industrielle de Mulhouse	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société industrielle du Nord de la France.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Société industrielle de Rouen.	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Société industrielle de Reims.	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	

Société nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société nationale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société scientifique industrielle de Marseille	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société vaudoise des Sciences naturelles	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Société technique de l'Industrie du gaz	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de l'Industrie minérale	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de navigation intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie indigène (la)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Tableau général du mouvement du cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tableau général du commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Technologiste (la)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Union des Chambres syndicales lyonnaises (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Union géographique du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Union des Ingénieurs sortis de l'Université catholique de Louvain	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
EN ALLEMAND											
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Architekten- und Ingenieur Vereins zu Hannover	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dingler's polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Jahrbücher der K. K. central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Jahrbücher der K. K. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Niederösterreichischen Gewerbe Vereins (Wien) Wochenschrift.	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Osterreichischen Ingénieur-und Architekten-Vereines (Wien) Wochenschrift	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereins (Wien) Zeitschrift .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	
EN ANGLAIS												
American Academie of Arts and Sciences (Boston) (Proceedings) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
American Engineer (the) (Chicago).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
American Institute of mining engineers (New-York) (Transactions) . .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
American Society of civil engineers (New-York) (Transactions). . . .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
American Society of mechanical engineers (New-York)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Association of engineering Societies (New-York) (Journal of the) . . .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Board of Commissionners (Boston) (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Boston water Board (Boston) Annual Report	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
California Academy of sciences (San Francisco)												

Canadian Institute (Toronto) (Proceedings)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of civil Engineers (the) (Montréal) (Transactions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Ligthouses (List of the) China	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer Boston (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineer (the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering News (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering association of New South Wales (the) (Sydney) (Minutes of Proceedings)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineers' club of Philadelphia (Philadelphia) (Proceedings)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Engineers' club of Philadelphia (Philadelphia) Record	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Franklin Institute (Philadelphia) (Journal of the)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Indiana Society of civil engineers and surveyors (Indianapolis) (Proceedings)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Indian Engineer (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industries (London and Manchester)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrial Rewiew (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Iron (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Iron and Steel Institute (London) (The Journal of the)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Iron and Coal trades Review (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Institute of Technology Hoboken united states of America (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Institution of civil Engineers (London) (Minutes of Proceedings)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of civil Engineers (London) (Private Press)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of civil Engineers of Ireland (Dublin) (Transactions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Institution of Electrical Engineers (London) (Journal of the)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
Institution of Engineers and shipbuilders in Scotland (Glasgow) (Transactions)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Institution of mechanical Engineers (London) (Proceedings)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Massachussets Institute of Technology (Boston) (Annual Catalogue) . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Master-car Builders Association (New-York) Annual Convention . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Midland Institute (Barnsley) (Transactions).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Mining world (the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Navy department Bureau of navigation office of naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
North of England Institute of mining and mechanical Engineers (Newcastle-Upon-Tyne) (Transactions) , ...	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
Publics Works Department government of Bengale (Calcutta) (Revenue Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Railroad Gazette (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Smithsonian Report (Washington).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Society of Arts (journal of the) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Society of Engineers (London) (Transactions).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
United States Naval Institute (Annapolis) Proceedings	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
United States Coast Geodetic survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	

Anales de la Sociedad Rural Argentina (Buenos-Aires)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Anales del Ministerio de Fomento de la Republica Mexicana	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Asociación nacional de Ingenieros industriales (Boletin de la) (Madrid)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Comercio interior y exterior (Mexico)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
El Ingeniero civil (Buenos-Aires)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
El Porvenir de la Industria (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Industria é Invenciones (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Observatorio Météorológico Magnético central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revista de obras públicas (Madrid)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Technologica-Industrial (Barcelona)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad cientifica « Antonio Alzate » (México) (Memorias)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Sanchez Oropesa (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Union industrial Argentina (Buenos-Aires)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
EN HOLLANDAIS											
Tidjschrift van het Konisklijk Institut van Ingenieurs (La Haye)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN HONGROIS											
Heti Értesitöje a M. Mérnök-és Épitész Egylet (Budapest)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök ès Épitész Egylet (Budapest)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	BIMENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES	
EN ITALIEN												
Atti della Reale Accademia dei Lincei (Roma)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	
Bollettino delle opere moderne straniere (Roma)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	
Giornale del Genio civil (Roma).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Industria (l') (Milano).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	
Memorie della Regia Accademia de Scienze, Lettere e Arts in Modena.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Politecnico (Il) (Milano).	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	
Revista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Roma) (Aunali della).	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	
EN POLONAIS												
Przeglad techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	
EN PORTUGAIS												
Annuario publicado pelo Imperial observatorio do Rio de Janeiro. . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
Revista de Obras Publicas e Minas (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	

Revista mensal Engenharia e Industria (Rio de Janeiro)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN RUSSE											
Ingénieur (Kieff)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Jelié Znodorojnoé diélo Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho (Saint-Pétersbourg)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Zapiski Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchstchestba (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN SUÉDOIS											
Ingeniörs föreningens förhandlingar (Stockholm)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Teknisk Tidsskrift (Norks) (Kristiania)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Technisk-Tidskrift (Ny Följd (Stockolm)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN TSCHÈQUE											
Zpravy spolku architektu a Inzenyru v krdlovstvi ceském (Prague) . .	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMPRIMERIE CHAIX. — PARIS, 20, RUE BERGÈRE. — 2778-2 90.

Fig. 41.

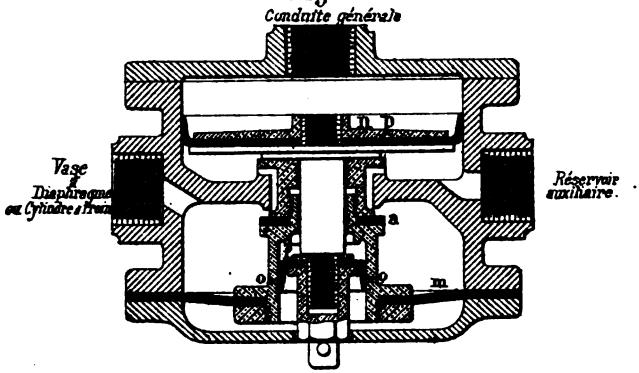


Fig. 42.

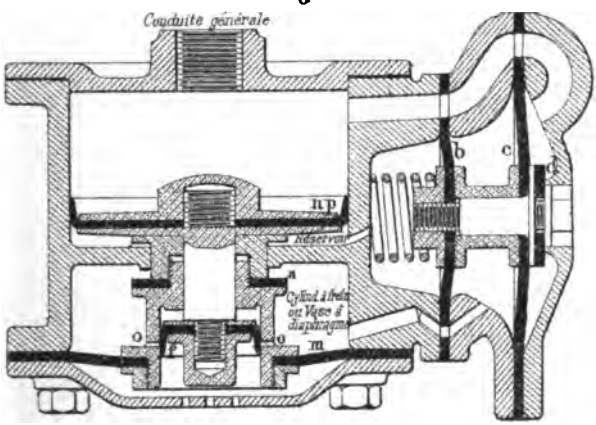
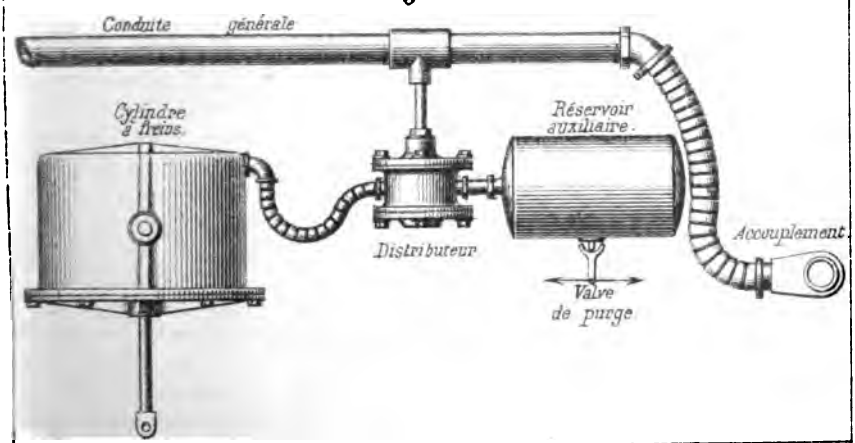


Fig. 43.



Société des Ingénieurs Civils. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (215-1-90)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1890

N° 2

Sommaire des séances du mois de février 1890 :

1° *Hydraulique agricole et génie rural*, ouvrage de M. Durand Claye, présenté par M. E. Trélat (Séance du 7 février, page 159);

2° *Décès* de MM. L. Dufresne, L. Yvert et E. Schoubart (Séances des 7 et 21 février, pages 159 et 175);

3° *Médaille d'argent* obtenu par M. Beloin (Séance du 7 février, page 159);

4° *Décorations et nominations* (Séances des 7 et 21 février, pages 160 et 175);

5° *Dons de titres* provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séances des 7 et 21 février, pages 160 et 176);

6° *Nomination de membres du Jury* pour le prix Giffard (Séance du 7 février, page 160) ;

7° *Enseignement professionnel* (l') par M. H. Couriot et observations de MM. E. Polonceau, Ed. Roy, S. Périssé et Ch. Lucas (Séance du 7 février, page 160);

8° *Chemin de fer glissant* de M. Ch. Barre; discussion par MM. P. Regnard, Ch. Barre et A. Brüll (Séance du 7 février, page 166);

9° *Chemin de fer à voie étroite*, ouvrage de M. Adolfo de Ibarreta (Séance du 21 février, page 175);

10° *Lettre de remerciements* de Mme veuve Hirn (Séance du 21 février, page 175);

11° *Télégramme adressé* à la Société, par la Société des Ingénieurs de Barcelone (Séance du 21 février, page 176);

12° *Congrès international des accidents du travail* (formation d'un Comité permanent du) (Séance du 21 février, page 176);
13° *Congrès international de sauvetage* (Compte rendu du) (Séance du 21 février, page 176);
14° *Habitations ouvrières en tous pays*, ouvrage remis par M. Cacheux (Séance du 21 février, page 176);
15° *Traités de commerce et leur renouvellement* (les) par M. E. Bert (Séance du 21 février, page 176);
16° *Pont du Forth* (le) par M. L. Coiseau (Séance du 21 février, page 180);

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

31398 — De M. G. Crugnola (M. de la S.). *Le genziane del gran sasso d'Italia.* In-8° de 18 p. Teramo, 1889.

31399 — Du même. *Esposizione provinciale operaia di Teramo dell' anno 1888.* In-8° de 39 p. Teramo, 1888.

31400 — Du même. *Il nuovo cimetero di Alanno.* In-8° de 11 p. avec pl. Torino, 1887.

31401 et 31402 — Du même. *Dei tetti metallici. Applicazione dei metodi grafici allo studio della stabilita delle incavallature.* In-8° de 124 p. avec atlas de 9 pl. Torino, 1877. F. Negro.

31403 — Du même. *Ferrovia economica fra Montesilvano e Penne.* In-8° de 64 p. avec pl. Torino et Napoli, 1888. F. Negro.

31404 — Du même. *Incrociamenti e deviatoi.* In-8° de 44 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31405 — Du même. *Influenza del sistema d'attaco sulla costruzione delle lunghe gallerie a foro cieco.* In-8° de 12 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31406 — Du même. *Il ponte sul Firth of Forth presso Queensferry in Iscozia.* In-8° de 8 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1883.

31407 — Du même. *Dei ponti girevoli in generale e di quello recentemente costruito per l'arsenale di Taranto.* In-8° de 219 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1888.

31408 — Du même. *Strada ferrata da Clermont-Ferrand à Tulle, con diramazione per Vendes (Francia).* In-8° de 146 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

31409 — Du même. *Coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso d'acqua principale.* In-8° de 20 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1884.

31410 — Du même. *Delle serre o chiuse nei monti e nelle colline proposte come provvedimento atto a scemare l'altezza delle piene nei fiumi.* In-8° de 50 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

31411 — Du même. *Dei grandi serbatoi proposti come provvedimento per scemare la portata delle piene fluviali.* In-8° de 44 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1886.

31412 et 31413 — Du même. *L'utilizzazione dei corsi d'acqua nel regno d'Italia.* In-8° de 29 p. et de 47 p. Torino, Camilla e Bertolero, 1889.

31414 — Du même. *La condottura d'acqua di Karachi (Indie orientali).* In-8° de 20 p. avec pl. Torino, Camilla et Bertolero, 1887.

31415 — Du même. *Il serbatoio della Vingeanne in vicinanza di Baissey (Francia).* In-8° de 10 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1887.

31416 — Du même. *La rottura del serbatoio di Sonzier presso Montreux.* In-8° de 24 p. avec pl. Torino, Camilla e Bertolero, 1889.

31417 — De MM. Marchal et Billard. *L'Économie sociale.* Revue mensuelle, n° 1. Janvier 1890.

31418 — De MM. John Wiley and Sons. *A general Formula for the uniform Flow of Water in Rivers and other Channels*, by E. Ganguillet and W. R. Kutter. In-8° de 240 p. avec pl. New-York, John Wiley and Sons, 1889.

31419 — De M. S. Maisonneuve (M. de la S.). *La lumière électrique et ses applications.* In-8° de 160 p. avec pl. Paris, E. Bernard et C^ie^, 1886.

31420 — De M. W. P. Craighill. *Some Observations on the Improvement of several of the Rivers of the Atlantic Coast.* In-8° de 20 p. avec pl. New-York, 1888.

31421 — De M. V. Despret (M. de la S.). *Des applications de l'électricité aux arts et à l'industrie.* Grand in-8° de 323 p. avec pl. Bruxelles, Th. Lesigne, 1859.

31422 — De M. F. E. Saward. *The Coal Trade.* In-8° de 110 p. New-York, 1889.

31423 — De M. G. Salomon. *La crémation en France.* (1797-1889). In-8° de 50 p. Paris, E. Dentu, 1890.

31424 à 31429 — De l'Observatoire météorologique de Mexico. *Memoria presentada al Congreso de la Union por el Secretario de Estado et del despacho de Fomento de la Republica Mexicana*, por el general Carlos Pacheco. Tome I à V, grand in-4°, et tomo VI, atlas grand in-f°, 1883 à 1885.

31430 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders.* Venlo, n° 1.

31431 — Du Victorian Institute of Engineers. *Rules for Electrical Installations.* In-8° de 11 p. Melbourne, Mc Carron, Bird and C°, 1889.

31432 — De M. H. Hervegh (M. de la S.). *The Diamond Drill and its Work* Grand in-8° de 40 p.

31433 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Notice sur les machines et dessins exposés sous le n° 388 à l'Exposition nationale de 1849* In-8° de 16 p. autog.

31434 — Du Même. *Considérations sur le régulateur de Watt.* In-8° de 11 p. Paris, E. Lacroix, 1872.

31435 — De M. M. Lyon (M. de la S.). *Notes sur le Brésil.* In-8° de 71 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1890.

31436 — De M. Th. Cooper. *American Railroad Bridges.* Grand in-8° de 60 p. avec pl. New-York, 1889.

31437 — Du Même. *General Specifications for Iron and Steel Railroad Bridges and Viaducts.* In-8° de 25 p. avec pl. New-York, 1890.

31438 — De M. C. de Laharpe (M. de la S.). *Memoir of the Niagara Falls and International Suspension Bridge,* by J. Rœbling. In-4° avec pl. London, J. Weale, 1856.

31439 — De M. F. Ventre-Bey. *Sauvons l'humus.* In-8° de 8 p. Le Caire, Al.-Mahroussa, 1890.

31440 De M. Ch. Vertongen. *Recherches statistiques sur les ruptures et le travail des câbles d'extraction dans le district de Dortmund.* In-8° de 17 p. Termonde, A. de Caju-Beeckman, 1890.

31441 — De la Société technique de l'industrie du gaz. *Compte rendu du 16e Congrès, tenu les 11, 12, 13 et 14 juin 1889, à Paris.* Grand in-8° de 725 p. avec pl. Paris, Société anonyme des Publications périodiques, 1889.

31442 — De Mme A. Durand-Claye. *Hydraulique agricole et génie rural.* Grand in-8° de 463 p., tome Ier. Leçons professées à l'École des Ponts et Chaussées, par A. Durand-Claye, et rédigées par F. Launay. Paris, O. Doin, 1890.

31443 — Du Ministère des Travaux publics. *Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année 1888.* Grand in-8° de 65 p. Versailles, E. Aubert, 1889.

31444 — Du même. *Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année 1888.* Atlas de 7 f. Versailles, E. Aubert, 1889.

31445 — Du même. *Résumé des observations centralisées pendant l'année 1887 par le service hydrométrique du bassin de l'Adour.* Grand in-8° de 34 p. Pau, Garet, 1889.

31446 — Du même. *Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1887.* Atlas de 4 f. Paris, Regnier, 1889.

31447 — De M. F. Loisel (M. de la S.). *Annuaire spécial des Chemins de fer belges, années 1885-1886, tome XIII.* Grand in-8° de 386 p. Bruxelles, E. Bruylant, 1888.

31448 — Du même. *Description du perforateur de précision de M. F. Loisel.* In-8° de 4 p. avec pl. Paris, A. Bourdier, 1864.

31449 — De M. R. Hutton (M. de la S.). *Transactions of the american*

Society of Mechanical Engineers, vol. X, 1889. Grand in-8° de 914 p. avec pl. New-York, 1889.

31450 — De l'Asociación nacional de Ingenieros industriales de Madrid. *Exposiciones que con motivo del Real decreto de 3 enero de 1890 que propone la creación de la nueva escuela y especialidad de Ingeniero Electricista de Ultramar.* In-8° de 29 p. Madrid, G. Estrada, 1890.

31451 — De la même. *Memoria leida por D. José de San-Martin y Falcón en la Junta general celebrada por la misma el 31 de enero de 1890.* In-8° de 48 p. Madrid, G. Estrada, 1890.

31452 — De M. A. Brûll (M. de la S.). *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, par J. Rondelet; supplément, par G.-A. Blouet.* Atlas grand in-f° de 105 pl. Paris, Firmin-Didot.

31453 — De N. A. Witz. *Théorie des machines thermiques.* In-4° de 10 p. Paris, O. Doin, 1890.

31454 — De M. J. Digeon. *Construction spéciale de modèles d'enseignement, machines nouvelles, mécanique de précision.* Catalogue-album de 40 p. avec pl. Paris, Paradis, 1889.

31455 — De M. P. Duvillard (Ville de Paris). *Prise d'eau dans le lac de Genève (Projet).* In-4° de 18 p. avec pl. Creusot, G. Martet, 1890.

31456 — De M. D. Colladon (M. de la S.). Réfutation péremptoire d'une brochure intitulée : *Etude historique sur l'emploi de l'air comprimé, par M. Dufresne Sommeiller* par onze anciens élèves de l'École centrale. In-4° aut. de 8 p. Picard, Genève.

31457 à 31480 — De M. le Président du Congrès international des Travaux maritimes. *24 brochures relatives aux questions traitées dans le Congrès international des Travaux maritimes.*

31481 — De M. W. de Nordling (M. de la S.). *Le repos du dimanche et le service des chemins de fer.* In-8° de 16 p. Paris, F. Levé, 1890.

31482 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Production mécanique et utilisation du froid artificiel.* In-4° de 73 p. Paris, G. Chamerot, 1890.

31483 — De M. R. Towne. *President's Address, delivered at the New-York Meeting, november 19, 1889.* (American Society of Mechanical Engineers, vol. XI of the Transactions.)

31484 à 31487 — De M. Burot (M. de la S.). *4 dessins d'appareils et de fabriques de papier.*

31488 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). Congrès international de sauvetage. Compte rendu des travaux du congrès (in-8° de 246 p.). Paris, Bibliothèque des annales politiques, 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de février sont :

Comme membres sociétaires : MM.

Ch. Barre,	présenté par MM.	Brûll, Godfernaux et Bobin.
A. Bonnin	—	Périssé, Regnard et Bertrand de Fontviolant.
H. Calamel	—	Périssé, Dollot et Lemaire.
F. Chaudy	—	Contamin, Forest et Bertrand de Fontviolant.
L. Chenut	—	Gottschalk, de Comberousse et Contamin
G. Crugnola	—	Meyer, de Blonay et Mallet.
J. Dubois	—	Degousée, Lippmann et Guérin.
H. Dollfus	—	Blanchod, J. Meyer et Eiffel.
Ch. J. Gouvy	—	Contamin, H. Mathieu et Loustau.
L. Laigneau	—	Canet, Coffinet et Chatard.
J. Leclaire	—	Cerbelaud, Hauet et Blot.
G. Leroux	—	Périssé, Lippmann et Bourdon.
G. Levasseur	—	Polonceau, Feray et Durant.
Ch. Richard	—	Criner, Fayollet et Gassaud.

Comme membres associés : MM.

J. Bœttcher	présenté par MM.	Abt, Cacheux et Horstmann.
L. Braun	—	Casalonga, Delaloe et Ducomet.
E. C. Gès	—	Raffard, Le Brun et Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1890

Séance du 7 Février 1890

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. TRÉLAT présente à la Société un ouvrage du regretté M. Durand-Claye, intitulé : *Hydraulique agricole et Génie rural.* Ce livre vient bien à point au moment où toute la France s'occupe du développement de l'agriculture, malheureusement il paraît quand son auteur n'est plus, et le premier exemplaire nous est envoyé par Mme Durand-Claye qui a voulu ainsi témoigner sa reconnaissance à la Société et la remercier de l'accueil que son mari avait toujours reçu au milieu de nous *(Applaudissements).*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Trélat de sa communication et exprime à Mme veuve Durand-Claye, la reconnaissance de la Société pour le témoignage d'estime et de sympathie qu'elle veut bien lui donner. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès d'un de nos jeunes collègues, M. L. Dufresne, membre de la Société depuis 1888. Il nous était particulièrement sympathique par ses liens de parenté avec la famille des Sommeillier, dont nous avons eu des représentants estimés parmi nous. *(Approbation.)*

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'à la dernière séance il n'a pu qu'annoncer le décès d'un des plus anciens membres de la Société, de M. Durenne, et qu'il a laissé à M. Bourdil le soin de retracer la vie si bien remplie de ce collègue qui peut être considéré comme le créateur de la chaudronnerie en France.

M. BOURDIL retrace en termes chaleureux l'existence de cet homme éminent qui est mort à l'âge de quatre-vingt-douze ans, après être resté jusqu'au dernier moment à la tête de ses affaires. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bourdil de son éloquente allocution, qui est reproduite *in extenso* dans le bulletin de janvier 1890.

M. LE PRÉSIDENT adresse les félicitations de la Société à notre collègue, M. Beloin, qui vient de recevoir une médaille d'argent du Ministère de l'Instruction publique pour ses observations météorologiques.

M. C. Zschokke, a été nommé chevalier de la couronne de Prusse.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que plusieurs de nos collègues, dont les noms suivent, ont fait abandon de leurs bons de souscription à l'emprunt de 1889. Ce sont : MM. Ch. Armengaud père, deux bons; N. Boucher, un bon; E. Bouhey, trois bons; J. Chauveau, deux bons; F. Moreaux, neuf bons; A. de Quillacq, un bon; F. Saglio, deux bons, soit un total de vingt nouveaux bons abandonnés.

M. LE PRÉSIDENT remercie nos généreux collègues au nom de la Société. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT demande à la réunion de nommer les membres du jury chargé de décerner le prix Giffard. Ce prix est d'une grande importance, et le jury doit être formé de collègues ayant une compétence toute spéciale dans les questions des générateurs et machines à vapeur qui ont fait l'objet de la question soumise au concours.

Il est procédé à la présentation des candidats parmi lesquels doivent être choisis les trois membres à désigner par la Société pour compléter le jury.

Le vote a lieu immédiatement, et la commission se trouve par suite composée ainsi :

Le Président de la Société;

Les quatre vice-présidents;

Trois membres désignés par le Comité : MM. Brüll, Mallet, Morandière;

Trois membres désignés par la Société : MM. Richard (Gustave), Liébaut, Chaligny;

Un membre suppléant désigné par la Société : M. Rubin.

L'ordre du jour appelle la communication de M. H. Couriot sur le compte rendu des communications faites par lui et par M. Salomon, au Congrès des Sociétés savantes, sur l'*Enseignement professionnel.*

M. H. COURIOT expose qu'en 1887, sous la présidence de M. Brüll, le Comité a fait à M. Georges Salomon et à lui l'honneur de les déléguer, pour représenter la Société des Ingénieurs civils à la session annuelle du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, en 1889.

Cela se passait quelques jours après la séance mémorable que tint la Société des Ingénieurs civils, sous la présidence de M. le Ministre des Travaux publics, et quelques-unes des paroles que prononça ce dernier ont inspiré à MM. Salomon et Couriot le choix de la communication qu'ils ont faite au congrès sous le titre : *l'Enseignement professionnel*, choix qui avait été laissé à leur appréciation par le Comité.

M. le Ministre des Travaux publics, en prenant possession du fauteuil de la présidence de la Société, prononçait des paroles dont celle-ci a le droit d'être fière : il disait, en effet, que, dès l'origine de la Société, l'un de ses membres, « M. Rouget de l'Isle, traçait magistralement les lignes » exactes du programme actuel d'enseignement industriel et profes- » sionnel, et que l'on commence, aujourd'hui seulement, dans les ré- » gions officielles, à appliquer les idées que la Société propageait il » y a quarante ans. Vous vouliez, disait M. de Hérédia, dès 1848, — » et c'est là votre honneur, — créer, par le concours libre des initiatives » privées et avec l'appui des hommes les mieux indiqués pour cette

» grande œuvre de régénération, créer l'*Université industrielle*. C'était » là le nom que vous donniez vous-mêmes à cette institution nouvelle. » Vous vouliez l'élever et la fortifier en face de l'Université des sciences. » Eh bien! Messieurs, je ne puis m'empêcher de regretter que vos avis » n'aient pas été écoutés ; nous aurions singulièrement avancé dans la » voie des progrès industriels. »

Un des principaux titres de la Société, aux yeux des pouvoirs publics, c'est donc qu'à côté de ses discussions, si propres à développer les connaissances relatives à l'art de l'ingénieur, elle n'a pas oublié que l'ouvrier instruit et bien préparé est aussi nécessaire à l'ingénieur que celui-ci est indispensable à l'ouvrier, et c'est dans cette pensée que ses fondateurs ont inscrit au § 3, qui définit son but, que celui-ci est notamment « d'étendre, par le concours actif de ses membres, l'enseignement » professionnel parmi les ouvriers et les chefs d'industrie ou d'atelier. »

M. Couriot expose qu'il a pensé avec M. G. Salomon que la question si importante de la vulgarisation des connaissances professionnelles méritait d'être traitée de nouveau, à plus de quarante années de distance, et d'accord avec son collègue, il n'a pas hésité à la porter à la Sorbonne même, dans ce temple de l'enseignement classique au sein d'une assemblée composée en grande partie d'universitaires.

Le bon accueil qui a été réservé à leurs communications prouve que la question a fait son chemin dans l'opinion publique.

M. Couriot dit qu'il ne peut que résumer très succinctement ces communications qui, d'ailleurs, ont été reproduites *in extenso* dans les Bulletins de la Société (Bulletin de juin 1889). M. Georges Salomon a traité la question de l'enseignement industriel, principalement au point de vue de l'apprentissage ; M. Couriot, de son côté, a fait l'étude de l'enseignement commercial.

Dans son Mémoire, M. G. Salomon s'est attaché à faire ressortir tout ce qui peut être fait pour développer chez l'enfant le goût du travail manuel et pour faire se révéler l'aptitude professionnelle. Il a fait la critique de l'apprentissage actuel dans l'industrie, *incomplet* par suite du désir qu'a l'apprenti de passer ouvrier avant d'avoir acquis une connaissance suffisamment développée de son état; *insuffisant*, parce que l'ouvrier tend à se spécialiser pour gagner plus vite et plus tôt un salaire qui n'est que relativement avantageux.

Il a démontré la difficulté que rencontrent les écoles d'apprentissage à former des apprentis, ceux-ci désertant l'école, pour les mêmes raisons, dès qu'ils se croient aptes à gagner leur vie ; il a fait ressortir l'impossibilité, à moins de sacrifices hors de proportions avec les résultats à en attendre, de donner à ces écoles un développement suffisant pour leur permettre de recevoir tous les apprentis qu'elles auraient à former, si on renonçait à l'apprentissage à l'atelier; il a montré, enfin, la tendance des écoles à dépasser le but pour lequel elles ont été créées, tendance en vertu de laquelle les écoles d'apprentissage s'efforcent de former des contremaîtres, et les écoles d'arts et métiers de préparer des ingénieurs.

C'est, suivant M. Salomon, à l'école primaire, où tous doivent aujourd'hui passer, qu'il faut éveiller les dispositions natives de l'enfant et lui inspirer le goût du travail manuel, en lui faisant consacrer quelques

heures chaque jour à des travaux faits dans un atelier convenablement outillé et dirigé. Des travaux bien choisis et bien compris, ne formeront pas des ouvriers, mais développeront chez l'enfant l'aptitude professionnelle et la dextérité manuelle; ils le guideront, plus tard, dans le choix d'un état et abrégeront le temps de l'apprentissage industriel, qui pourra être complété à l'atelier et facilité au moyen de bourses accordées aux élèves méritants par l'État, les Communes et les Chambres syndicales. M. Salomon a cité comme un modèle d'une heureuse transformation de ce genre l'école communale de la rue Tournefort, où l'apprentissage se fait dans des conditions particulièrement économiques, intelligentes et profitables pour l'enfant.

Passant à l'analyse de sa communication sur l'enseignement commercial, M. Couriot s'attache à démontrer l'utilité de cet enseignement, aujourd'hui qu'à l'ancien commerce, presque de détail, a succédé un commerce beaucoup plus important et plus étendu. Il prie les membres que la question intéresserait de se reporter à son Mémoire, dans lequel il s'est efforcé de démontrer que le commerce est une science et, à ce titre, est susceptible d'un enseignement méthodique et gradué. Il rappelle les paroles prononcées par M. Gustave Roy, président de la Chambre de commerce de Paris, il y a une dizaine d'années : « Nous avons des » ingénieurs éminents, des industriels habiles, des ouvriers intelligents » et adroits; pour faire connaître leurs produits, pour les écouler sur les » marchés lointains, nous n'avons pas assez de négociants. » Et cependant, la classe marchande, le commerce et l'industrie représentent en France 39 0/0 de la population du pays.

Il existe des facultés ou écoles enseignant tout ce qui touche à l'activité humaine : lettres, sciences, théologie, médecine, droit, agriculture, arts et métiers, arts et manufactures, mines, ponts et chaussées, génie maritime, constructions navales, peinture, sculpture, pharmacie, art vétérinaire, musique, déclamation, guerre, marine, etc. Le commerce seul n'aurait-il pas son enseignement? Combien grands sont cependant les services que les connaissances commerciales peuvent rendre à l'industriel ! Celui-ci, avec les exigences ouvrières, n'a rien à gagner sur son prix de revient; s'il apporte quelque progrès mécanique pour abaisser ses frais de main-d'œuvre, grâce à la libéralité de nos écoles, qui vulgarisent les procédés industriels et ouvrent leurs portes à tous, son secret est bientôt connu par tous ses concurrents et même par l'étranger, et s'il n'est pas breveté, chacun pourra obtenir les résultats qu'il aura réalisés. Mais on peut faire un double bénéfice en sachant acheter à bon marché sa matière première et bien vendre le produit fabriqué. Rendre *l'industrie commerçante,* tel est le but à atteindre pour la rendre prospère. C'est ce que fait l'étranger, qui propage sous toutes ses formes l'enseignement commercial; le tableau qui figure dans le Mémoire de M. Couriot (Bulletin de juin) démontre qu'il y a en Allemagne, Autriche, Italie, Russie et États-Unis 1 171 écoles de commerce, renfermant une population de 144 996 élèves. La France ne possède que 11 écoles de commerce fréquentées par 1 680 étudiants ou élèves, ce qui n'est rien pour un pays où il entre chaque année 400 000 employés dans les affaires.

L'étranger donne à ses écoles des privilèges, des diplômes officiels en vue d'y attirer la jeunesse; aussi tous les jeunes gens trouvent-ils, en sortant des écoles commerciales, des places avantageuses, et nous les voyons profiter de l'insuffisance des connaissances préparatoires de nos employés français pour se présenter dans nos maisons de commerce et y conquérir des places importantes, ce qui n'est pas sans présenter de grands dangers.

Le succès des cours commerciaux du soir, suivis à Paris par 12 000 auditeurs, ne montre-t-il pas que les jeunes gens qui les fréquentent reconnaissent bien vite l'insuffisance de leurs connaissances préparatoires le jour où ils se trouvent entrer dans les affaires?

Il faut reconnaître qu'il existe une prévention contre l'enseignement professionnel, en général; les parents veulent faire de leurs enfants des fonctionnaires, ils redoutent pour eux les hasards du commerce et de l'industrie, auxquels ils doivent cependant souvent la situation qu'ils occupent, et ils dirigent leurs enfants dans la voie de l'enseignement classique, qui ouvre les portes des grandes administrations publiques, donne accès aux carrières libérales et présente l'appât d'une retraite certaine. Aussi combien est grand l'encombrement qui se produit pour les jeunes gens qui se présentent dans les places dont dispose le gouvernement. Une récente statistique, elle date de deux jours, en dit à ce sujet plus que ne le feraient de longues dissertations. La Direction de l'Enseignement primaire vient de faire connaître le nombre de candidats qui se présentent pour remplir les fonctions d'instituteurs dans le département de la Seine. Pour 43 places vacantes, on trouve 2 021 candidats, soit 47 postulants pour une place.

Chez les femmes, l'encombrement est plus grand encore. Les vacances sont au nombre de 54, il se présente 6 441 postulantes, soit 119 pour une place.

Aussi, quelles déceptions, quelles désillusions réserve l'enseignement classique à ceux qui le suivent, alors que l'enseignement professionnel pourrait être si utilement donné à toute cette jeunesse studieuse, au grand profit du commerce et de l'industrie de la France!

Il faut ajouter que si l'enseignement classique convient merveilleusement pour la préparation aux carrières libérales, en revanche, il n'est nullement propre à donner à l'enfant l'esprit positif si nécessaire dans les affaires, alors que de bonnes études spéciales lui éviteront bien des mécomptes, bien des ruines, dues à l'insuffisance des connaissances préparatoires au commerce et à l'industrie.

M. Couriot n'exposera pas à la Société, tout au long, les programmes de l'enseignement commercial qu'il a résumés dans son mémoire, il se contentera de dire que cet enseignement, comme cela a été reconnu nécessaire pour l'enseignement classique, pour l'enseignement industriel et pour l'enseignement agricole, doit se subdiviser en trois degrés :

1° L'enseignement primaire commercial, qui forme les employés de commerce, doit être élémentaire et pratique, pour permettre aux enfants de rendre des services le jour où ils entreront dans les maisons de commerce, seul moyen de trouver une place à la sortie. Il se recrute parmi

les enfants sortant de l'école primaire et les retient deux ans, de treize à quatorze ans.

2° L'enseignement secondaire commercial, destiné à former des patrons ou s'adressant à ceux qui en tiennent lieu dans les maisons de commerce, succède au précédent, mais doit principalement se recruter parmi les enfants qui ont suivi, dans les lycées et collèges, les cours d'enseignement spécial. Cet enseignement doit être à la fois pratique et théorique. Durée, trois ans.

3° L'enseignement supérieur commercial s'adresse à l'élite, prépare au haut commerce, forme des agents consulaires capables, assurant une digne représentation des intérêts commerciaux de la France à l'étranger, pourvoit au recrutement du corps enseignant des écoles de commerce. Durée, deux ans.

M. Couriot dit qu'il convient de ne pas façonner tous les hommes de la même manière en les coulant en quelque sorte, dans un moule unique qu'on pourrait qualifier de moule universitaire, mais qu'il faut au contraire donner à chacun l'enseignement qui lui convient et pour cela diffuser sous toutes ses formes l'enseignement professionnel qui fournira: à l'*Industrie* des ouvriers habiles, des contremaîtres instruits, des ingénieurs distingués; au *Commerce*, des employés bien préparés et des chefs bien armés, capables de lutter victorieusement contre la concurrence étrangère.

Il espère que la Société, qui a placé dans ses programmes l'étude de ces questions, accueillera avec bienveillance les communications que M. Salomon et lui ont faites et qu'ils ont consacrées à une matière à laquelle ses fondateurs attachaient avec raison une importance toute particulière.

En terminant, M. Couriot ajoute que l'ingénieur ne peut rester indifférent à l'étude des questions dont il vient d'entretenir la Société; placé comme il est entre les ouvriers et les chefs d'industrie, ou industriel lui-même, il a pour mission de rapprocher ces deux éléments de la production et il n'y a pas de rapprochement plus sérieux que celui qui résultera d'un progrès, d'une amélioration apportés aux conditions du travail et que fera naître le développement des connaissances professionnelles. Ce rapprochement, dans une certaine mesure, tiendra lieu de l'association, tant rêvée, du capital et du travail, et constituera, sous cette forme, l'association la plus durable et la plus féconde, car elle profitera à l'un et à l'autre, sera basée sur le progrès et donnera à la fois des soldats et des chefs à la grande armée industrielle et commerciale de la France. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que la Société ne peut qu'être reconnaissante à M. Couriot de sa très intéressante communication sur cette question de l'enseignement professionnel si intimement liée à l'avenir et à la prospérité de notre industrie nationale. Plusieurs des progrès désirés par M. Couriot sont réalisés. Dans les Compagnies de chemins de fer, et en particulier au chemin de fer du Nord, on a créé depuis longtemps déjà des écoles d'apprentis à La Chapelle et dans les principaux centres de construction et de réparation du matériel; les mêmes mesures sont prises à sa connaissance par toutes les grandes sociétés métallur-

giques et minières de la région. On ne saurait trop encourager, d'ailleurs, ce développement de l'enseignement professionnel, car, comme l'a dit M. Couriot, on se dirige trop en France vers les carrières administratives, et on néglige, par suite, beaucoup trop le commerce et l'agriculture. *(Approbation).*

M. E. Polonceau, approuvant aussi les conclusions de M. Couriot, appelle l'attention sur ce fait, que dans nos écoles spéciales on n'étudie que peu ou point du tout les questions commerciales et la comptabilité. Un ingénieur doit cependant savoir discuter les chiffres que lui présente un chef comptable, car, quoique ingénieur capable, s'il fait des travaux qui coûtent cher et s'il ne sait pas bien présenter ses comptes, il ne sera jamais qu'un ingénieur de médiocre qualité.

Parlant de la cherté de la main-d'œuvre, M. Polonceau pense, contrairement à ce qu'a dit M. Couriot, qu'on peut beaucoup gagner sur ce chapitre si les ouvriers et les patrons veulent bien s'unir dans ce but. Il ne doit pas y avoir lutte entre le travail et le capital mais, au contraire, union pour arriver à combattre utilement la concurrence étrangère. *(approbation.)*

M. Ed. Roy fait l'historique de l'enseignement professionnel. Il rappelle que c'est le duc de La Rochefoucault-Liancourt qui, en 1785, fonda la première école d'arts et métiers. Le gouvernement étendit, par la suite, cette création en établissant les écoles d'Angers, d'Aix et de Châlons. L'Ecole Centrale ne vint qu'en 1829, et dans cet intervalle, les Ecoles d'arts et métiers formèrent des contremaitres, des chefs d'ateliers, des industriels. Plus tard, on a eu le tort d'étendre l'enseignement donné dans ces écoles, ce qui a eu pour résultat de les faire sortir de la situation pour laquelle elles avaient été créées; sur ce point, M. Roy est complétement d'accord avec M. Couriot, mais il ne croit pas, comme lui, qu'on doive créer un grand nombre d'écoles professionnelles. On arriverait à amener pour les trop nombreux élèves de ces écoles la même situation que pour les instituteurs, et l'on augmenterait ainsi le nombre des déclassés.

D'autres pays très avancés au point de vue industriel, l'Angleterre par exemple, n'ont que peu ou point d'écoles de ce genre. M. Roy pense que les vraies écoles professionnelles dont on doive encourager la création sont celles établies par les grandes compagnies et les grandes sociétés industrielles, mais que le gouvernement n'a pas à s'en mêler. *(Applaudissements.)*

M. S. Périssé dit que cette discussion est d'autant plus intéressante que la Société a inscrit à l'article 2 de ses statuts qu'elle doit concourir au développement de l'enseignement professionnel. Il s'élève contre l'enseignement donné par les écoles primaires supérieures qui font ces demi-savants, ces déclassés dont on se plaint; il voudrait voir remplacer ces écoles par des écoles commerciales et industrielles, qui donneraient au sortir de l'école primaire élémentaire un enseignement pratique formant des ouvriers, des commerçants, des agriculteurs.

En ce moment, ajoute M. Périssé, on fait de sérieux efforts dans ce sens et le Gouvernement a, par décret du 17 mars 1888, institué un corps d'Inspecteurs chargé d'étudier la transformation des écoles pri-

maires supérieures. Sur onze membres que compte cette Commission, dix appartiennent a notre Société; chacun d'eux s'occupe d'une région déterminée et tous sont unanimes à constater qu'on est allé trop loin dans l'enseignement général et qu'il faut développer davantage l'enseignement pratique. En terminant, M. Périssé dit que si quelques-uns d'entre nous voulaient apporter dans cette question le tribut de leurs études, le pays leur serait redevable d'un service rendu. *(Applaudissements.)*

M. Ch. Lucas est d'avis qu'une discussion aussi importante ne saurait être écourtée et qu'il serait très intéressant de la reprendre quand on aura pu lire dans le Bulletin la communication de M. Couriot et les observations auxquelles elle a donné lieu. *(Approbation).*

M. le Président dit que c'est ainsi que nous avons l'habitude de procéder. Nous n'avons cherché aujourd'hui qu'à tirer une conclusion sommaire du rapport de M. Couriot, la question sera reprise dans une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la discussion de la communication de M. Ch. Barre sur le *chemin de fer glissant*.

M. P. Regnard.— Les renseignements fort intéressants de M. Barre sur son chemin de fer glissant, que tous nous avons vu fonctionner pendant l'Exposition, ont certainement frappé beaucoup d'entre vous. De tous les systèmes proposés pour un chemin de fer métropolitain, il n'en est pas qui paraisse réunir plus de conditions favorables concernant la commodité, l'agrément et, ce qui me touche encore plus, la rapidité. J'ai eu, dans mes voyages, cette bonne fortune, assez rare peut-être, de voir à peu près tout ce qui existe et tout ce qui a été proposé, tant comme voie que comme moyens de traction, en fait de Métropolitains : l'Elevated Railroad de New-York, les affreux souterrains du Métropolitain de Londres, les magnifiques voies sur viaduc de Berlin. J'ai eu l'occasion de voir ou d'étudier la traction par câbles, celle de notre collègue, M. Mékarsky, dont le fonctionnement à Nantes est si remarquable, les moteurs électriques recevant l'électricité par les rails, par des conducteurs spéciaux ou portant leurs accumulateurs, les diverses machines à vapeur avec ou sans foyer, et même les locomotives à soude du système Hœnigmann. Tout cela n'a pu changer ma conviction, car je partage les idées de notre regretté ancien Président, M. Richard, et je ne suis pas, en principe, partisan de l'établissement d'un Métropolitain à Paris.

Mais, s'il doit un jour s'exécuter, je souhaiterais bien vivement, pour ma part, qu'il mit à profit le nouveau progrès que nous ont révélé les expériences faites à l'Esplanade des Invalides, car, s'il est une application où s'imposent ses qualités de légèreté dans le matériel roulant, de douceur et de confort pour les voyageurs, de rapidité étonnante dans la marche, et surtout au démarrage et à l'arrêt, c'est à coup sûr celle-là.

Tout en regrettant donc un peu que l'application s'en prépare d'abord à l'étranger, j'espère qu'elle s'y fera plus vite qu'il ne serait à espérer chez nous, et que les résultats probants se feront jour assez tôt pour que nous en puissions profiter, aussi bien que des perfectionnements qu'il est permis d'espérer de voir apporter à une invention aussi remarquable. *(Approbation).*

Je voudrais pourtant demander à M. Barre quelques renseignements

complémentaires sur certains points que sa communication ne m'a pas paru élucider suffisamment. Ainsi, M. Barre nous a dit qu'il était arrivé à proportionner la dépense des patins à la charge qu'ils supportent; ce point me paraît des plus importants, et nous serions certainement reconnaissants à notre collègue de nous indiquer les moyens pratiques d'obtenir ce résultat.

Relativement au passage dans les courbes, je désirerais savoir quels moyens M. Barre compte employer pour atténuer le frottement sur les guides et la grande résistance qui en résultera, car le dévers de la voie dont il nous a parlé ne me paraît pas un moyen suffisant. Permettez-moi à ce sujet un petit souvenir personnel. Lorsque je construisis, sous les ordres de notre ancien Président, M. Molinos, le petit chemin de fer à voie de 1 *m* de Tavaux-Pontséricourt, nous fûmes obligés d'admettre des courbes de 40, 30 et même de 25 *m* de rayon. Le dévers de la voie, calculé pour la vitesse normale, n'était pas moindre, dans ces dernières, de 0,17 *m* par mètre.

Mais, dans les premiers temps de l'exploitation. on n'abordait jamais ces courbes avec la vitesse normale, et il m'arriva souvent... de dérailler à *l'intérieur* de la courbe. Quelque chose d'analogue ne se produira-t-il pas avec le chemin de fer glissant, qui frottera forcément contre le guide intérieur ou contre le guide extérieur, si le train ne franchit pas la courbe exactement à la vitesse pour laquelle le dévers aura été calculé?

Enfin, la question de l'alimentation des tenders en eau comprimée me semble mériter une attention particulière; c'est, à mon avis, le point capital du système. Je ne suis pas partisan de l'installation d'un moteur à vapeur quelconque sur le tender; il me semble préférable de conserver au système son homogénéité dans l'emploi de la force hydraulique, soit qu'on emprunte aux injecteurs cette eau sous pression directement, ce qui laisserait bien à désirer au point de vue du rendement, soit mieux, qu'on demande aux injecteurs un petit supplément dans l'effort de traction, pour l'utiliser à actionner les pompes. Je proposerais, dans ce but, l'emploi d'une poulie roulant sur le rail; cette poulie aurait sa jante munie de cuir ou préférablement peut-être de caoutchouc, et commanderait les pompes par un train d'engrenages approprié; on les pourrait embrayer à volonté, automatiquement même au besoin.

M. Ch. Barre répondant à M. Regnard s'exprime ainsi :

Messieurs, dans les observations que M. Regnard vient de présenter, il y a trois points sur lesquels il demande des renseignements.

Le premier point concerne le réglage automatique de la distribution de l'eau sous les patins, suivant la variation des charges; le second, la question de passage dans les courbes, et le troisième, l'alimentation d'eau des tenders.

En ce qui concerne le premier point, j'ai dit que je ne pouvais donner qu'une explication incomplète du système, et j'explique pourquoi : c'est que le procédé est nouveau, qu'il vient d'être breveté en France, en Belgique, en Angleterre, et qu'il ne l'est pas encore dans les autres pays. Malgré cela, pour donner, dans la mesure du possible, satisfaction à notre collègue, M. Regnard, je puis vous faire comprendre le système,

en vous disant, par exemple, que les patins supportent le châssis au moyen de ressorts de suspension, et que ces ressorts, sous des charges variables, laissent monter ou descendre le châssis, qui peut alors commander automatiquement un papillon placé dans l'intérieur du tuyau distribuant l'eau aux patins. Si vous voulez bien me le permettre, je m'arrêterai là dans ma description ; je crois qu'elle est suffisante pour que vous compreniez que, une fois ce papillon réglé pour donner le minimum d'ouverture lorsque le patin n'est pas chargé, et le maximum lorsqu'il est en pleine charge, le patin se réglera lui-même sous les différentes charges qu'il est appelé à supporter.

En ce qui concerne le passage dans les courbes, je n'ai aucune objection à m'étendre davantage sur cette question qui est, du reste, très simple.

M. Regnard a dit avec raison que, dans les chemins de fer à roues, on calcule le dévers pour une vitesse déterminée, et que, la plupart du temps, les mécaniciens n'abordent pas la courbe avec cette vitesse. En effet, les Ingénieurs déterminent ce dévers de façon à détruire la force centrifuge correspondante non seulement à la vitesse maximum réglementaire, mais encore à une vitesse supérieure à celle-là, que le mécanicien peut prendre par imprudence ou inadvertance. Il en résulte que presque tous les trains entrant dans une courbe ont une vitesse inférieure à celle qui correspond au dévers, et que les voyageurs ont une tendance à s'incliner vers leur voisin ; les boudins des roues s'appuient également sur les rails, et, de là, usure des boudins.

Dans le système glissant à propulsion hydraulique de Girard, les faits ne se passent pas de la même façon. Les propulseurs sont à poste fixe sur la voie ; les trains doivent avoir, autant que possible, — bien que ça ne soit pas indispensable, — la même importance et passer régulièrement sur la ligne. Il n'y a, ici, aucun point de comparaison avec le système des chemins de fer à roues, où l'on fait des trains à marchandises et des trains à voyageurs aussi longs que possible pour les faire partir le moins souvent qu'on peut.

Avec le système glissant à propulsion hydraulique, les machines sont fixes, elles travaillent constamment et régulièrement ; par conséquent, il faut utiliser ce travail d'une façon régulière ; il faut que les trains soient petits et se suivent à des intervalles très rapprochés. Supposez, par exemple, des trains partant tous les quarts d'heure, toutes les dix minutes même, vous serez dans les meilleures conditions possibles pour utiliser le travail des machines. Eh bien ! les propulseurs étant placés à des intervalles déterminés, à poste fixe, sur la voie, les trains ayant à peu près la même importance comme longueur et comme poids, ils arrivent presque tous avec la même vitesse à l'origine de la courbe, et si le dévers est bien calculé, on ne devra pas avoir beaucoup plus de frottement qu'en ligne droite. Disons, cependant, qu'il y en aura davantage, parce qu'il y aura une légère différence dans le poids des trains. Les patins viendront alors frotter contre leur guide, mais avec moins d'absorption de travail que dans le frottement des boudins de roues contre les rails. Leur effort de poussée, soit contre les guides intérieurs à la courbe,

soit contre les guides extérieurs, sera très faible, et il n'y a aucun danger de dérailler.

Pour qu'il puisse y avoir déraillement, il faudrait que le guide cassât; mais on peut lui donner une force suffisante pour prévenir tout accident. Si l'on voulait aller plus loin et pousser la sécurité à l'extrême, on pourrait placer doubles guides dans les courbes, l'un à l'extérieur, l'autre à l'intérieur de chaque rail, de sorte que, si l'un venait à manquer, l'autre le remplacerait. Il n'y a donc aucune crainte de dérailler, même dans les courbes, avec le système glissant.

M. Regnard a ensuite parlé, pour alimenter les patins, d'une grande roue pendante, placée sur le tender, qui trainerait sur la voie et qui, mise en mouvement par la marche du train, actionnerait des pompes. Je trouve cette idée très ingénieuse, pratique même, mais je crois qu'il y a encore mieux : ce serait d'embarquer l'eau en vitesse, et de l'emmagasiner dans des réservoirs placés sous les wagons, avec la pression suffisante pour soulever les patins. J'ai eu l'honneur de vous dire, dans la dernière séance, que j'étais à peu près sûr qu'on pouvait utiliser ainsi l'eau ayant déja servi à la propulsion, en la faisant remonter sur des tôles paraboliques dans des réservoirs, à une pression de 2 1/2 à 3 *kg*, qui est suffisante pour soulever les patins. La démonstration n'en étant pas encore faite, je ne puis en parler que pour mémoire. Mais, ce que je puis vous assurer avec certitude, en attendant cette démonstration, c'est qu'on peut embarquer directement et sans difficulté l'eau de la conduite, qui est à 10 *kg* de pression. Il suffit, pour cela. de la faire passer à travers la turbine sans l'employer à la propulsion, et de transformer sa vitesse en pression. On l'emmagasinera ainsi à une pression notablement supérieure à celle qui est nécessaire aux patins, 5 *kg* probablement. Par contre, il y aura une certaine longueur de la turbine, qui sera perdue pour la propulsion, mais chaque voiture emmagasinera son eau de glissement pour un parcours de 30 à 40 secondes. ou davantage si l'on veut. L'alimentation d'eau des tenders, dont vient de parler M. Regnard, ne se fait que dans les chemins à petits parcours et à grande vitesse, tels que les chemins de fer de ville.

Là, on ne peut rien perdre du travail de propulsion, car il faut démarrer très promptement, marcher très vite et s'arrêter très rapidement.

Cette rapidité de démarrage, dont je vais dire un mot, est très facile à obtenir par la propulsion hydraulique et à un degré qu'on ne peut atteindre avec les locomotives, mais à la condition, je le répète, que le tender emporte l'eau nécessaire au parcours qui ne dépasse jamais, du reste, 1 *km* à 1 1/2 *km* dans les chemins de fer urbains.

Examinons, si vous le voulez bien, cette question du démarrage des trains, dans les chemins de petit parcours; elle est extrêmement intéressante. Comparons, par exemple, un train glissant à un train roulant de même puissance utile. Je prendrai un train glissant composé de quatre voitures de 1re classe. Nos voitures sont légères; celles de 1re classe, à 24 places, pèsent 3500 *kg*. Nous aurons donc quatre voitures de 3500 *kg* chacune, soit 14 *t*. Ces quatre voitures emporteront 96 voyageurs à 70 *kg*, — parce que, pour les petits parcours,

on ne compte pas de bagages à la main, — cela fait 6 720 *kg*. Nous avons un tender pesant 6 tonnes en charge, soit donc un total de 26 720 *kg*.

Considérons les stations éloignées l'une de l'autre de 880 *m*, par exemple. Il convient de rappeler ici que toutes les stations se trouvent sur un point légèrement culminant, et que les trains profitent de la gravité pour vaincre leur inertie. Sur ce parcours de 880 *m*, le train, actionné par des propulseurs débitant 200 *l* d'eau sous 10 *kg* de pression, pourra prendre une vitesse de 18 *m* au bout de 440 *m* et en 43 secondes. Le travail total nécessaire pour produire ce résultat est de 860 000 *kgm*.

Si nous rapportions ce travail total aux 43 secondes pendant lesquelles il a été dépensé, cela donnerait 267 chevaux. Mais une fois les 18 *m* de vitesse atteints, les 440 *m* restant à parcourir sont franchis par la vitesse acquise qui diminue d'une façon à peine sensible par suite de la faible résistance au glissement, et le train, arrivé à la station, y séjourne 53 secondes.

En réalité, depuis le départ d'une station jusqu'au départ de la station suivante, il s'écoule 2 minutes et c'est sur ces 120 secondes qu'il faut répartir le travail de 860 000 *kgm*; ce qui ne donne plus que 95 chevaux, puisque la machine fixe travaille constamment et emmagasine son travail dans les accumulateurs.

Il y a un autre travail dont il faut également tenir compte : c'est le travail de soulèvement des patins. Ce travail est de 31 chevaux, parce que l'eau est prise à 10 *kg* de pression, et que nous ne l'utilisons qu'à 2 *kg*. Cela fait un total de 126 chevaux.

Si nous comparons maintenant ce travail à celui d'un train roulant de même puissance et devant acquérir la même vitesse dans le même temps, vous allez voir à quelle impossibilité on arrive. Prenons un train roulant composé de quatre voitures de première classe à frein à air comprimé ; ces quatre voitures pèsent 8 100 *kg* chacune, soit en tout 32 400 *kg*. Pour les voyageurs, nous conserverons le même poids que tout à l'heure : c'est-à-dire 6 720 *kg*. Attelons à ce train une machine-tender, pesant en charge 40 *t*. Vous direz que cette force peut paraître exagérée : — elle est cependant encore trop faible, ainsi que vous allez vous en convaincre. Cela fait un poids total de 79 120 *kg*.

Je décompose ici la résistance au roulement de la façon suivante : 11 *kg* par tonne pour la locomotive et 4 *kg* par tonne pour les wagons, ce qui nous donne une résistance totale au roulement de 596 *kg*.

Pour que ce train roulant, qui pèse 79 *t*, puisse prendre la même vitesse de 18 *m* en 43 secondes, il lui faut une accélération de $\frac{18}{43} = 0{,}418\ m$, et il faut que cette accélération donnée par la locomotive persiste jusqu'à ce que la vitesse soit bien 18 *m*. Quelle sera la force de traction nécessaire pour donner cette accélération ? Les accélérations étant proportionnelles aux forces qui les produisent, elle sera de 3 371 *kg*. Si nous ajoutons à cet effort la résistance au roulement que nous avons déjà déterminée et qui est de 596 *kg*, nous arrivons à un effort de traction total de 3 967 *kg* ; et il faut que cet effort de traction soit exercé par la locomotive à la vitesse de 17 *m* pour obtenir la même accélération totale. On

arrive alors à un travail de 67 439 *kgm*, soit 900 chevaux, que la locomotive ne peut pas faire.

Ainsi, on voit qu'il est impossible de donner une accélération aussi grande à un train roulant, même de petites dimensions comme celui-ci. Admettons malgré cela, pour un instant, que la locomotive puisse le faire, et voyons quel serait le travail moyen : pendant les 43 secondes d'accélération il est de 35 703 *kgm;* pendant les 24 secondes suivantes, à la vitesse uniforme de 18 *m*, il est de 10 728 *kgm*, ce qui donne un travail moyen, pour tout le parcours, de 356 chevaux ; tandis que le train glissant n'exige que 125 chevaux. Cette différence considérable tient au faible poids mort, à la faible résistance du matériel glissant et à la continuité de travail du moteur.

On peut pousser la comparaison plus loin et l'établir entre des trains de grands parcours. Bien qu'il n'en ait pas encore été établi, cette comparaison est curieuse :

Dans les grands parcours, l'eau de soulèvement des patins est embarquée en vitesse par le procédé dont j'ai parlé précédemment ; elle est fournie par la conduite maîtresse qui la livre à 10 *kg*.

Considérons un train de 10 voitures de 1re classe, pesant ensemble 41 *t* et renfermant 240 voyageurs d'un poids total de 19 200 *kg*, et enfin un tender-fourgon de 6 *t*, ce qui fait un poids total de 66 200 *kg*. La résistance au glissement sera de 66 *kg*.

A la vitesse de 22 *m*, et en palier, le travail total sera de 86 chevaux, y compris le travail de soulèvement, qui est le plus considérable, parce que nous admettons qu'on prend l'eau à 10 *kg*. Lorsque nous utiliserons l'eau ayant déjà servi à la propulsion, le coût de ce travail disparaîtra.

Un train roulant, composé des mêmes éléments, c'est-à-dire de 10 voitures de 1re classe contenant 240 voyageurs, d'un fourgon à bagages pesant 9 000 *kg*, d'une locomotive pesant 42 *t* et et d'un tender de 33 *t*, représente un poids total de 184 *t*. La résistance au roulement est de 805 *kg* et, à la vitesse de 22 *m*, en palier, le travail est de 236 chevaux. Ce qui présente encore une très grande différence.

Voyons maintenant ce qui se passe dans les rampes et supposons le train glissant en gravissant une de 20 *mm*. Nous franchissons les rampes, au moins avec la même vitesse que celle que nous avons en palier, parce que, si nous avions une diminution de vitesse en montant, cela indiquerait que les propulseurs sont mal placés et que si le train s'arrêtait sur la rampe, il ne pourrait plus repartir. Mais si l'on veut ne pas augmenter sa vitesse en montant, on laissera de côté un propulseur de temps à autre. Pour gravir cette rampe de 20 *mm*, à la vitesse de 22 *m*, il faut développer un travail de 474 chevaux pour le train glissant, tandis que pour le train roulant, il en faudrait 1 316, travail impossible à fournir par une locomotive.

Ces comparaisons terminées, j'insiste, pour finir, sur les chemins à petit parcours, où il est dès à présent démontré par l'expérience que le chemin de fer glissant offre un démarrage rapide, la facilité d'acquérir de suite une grande vitesse et de s'arrêter rapidement : ces avantages joints à son entière sécurité et à ses autres qualités, font du chemin de fer de

Girard le type désigné pour les chemins à petit parcours et à grande vitesse, tels que les chemins de fer urbains.

Son matériel est léger, il est économique d'installation en système aérien et économique d'exploitation.

Si l'un de vous, Messieurs, avait d'autres observations à présenter, je lui serais obligé de vouloir bien me les adresser. *(Applaudissements.)*

M. A. Brüll.— Messieurs, je voudrais demander des explications complémentaires à M. Barre sur un point que je vais indiquer.

Avant de le faire, je tiens à dire qu'après avoir examiné les essais de l'Esplanade, j'ai été amené à concevoir les plus grandes espérances sur le chemin de fer glissant de Girard, tel que M. Barre l'a étudié et perfectionné dans plusieurs de ses parties. Parmi les deux éléments qui constituent l'invention, celui qui consiste à supporter les charges sur les voies à l'aide d'une lame d'eau mince m'a particulièrement frappé. J'ai été étonné de la grande facilité de traction, la résistance s'abaissant à 1/2 *kg* environ par tonne en grande vitesse, et de la grande sécurité d'arrêt sur les pentes. Ces deux vertus du système de glissement imaginé par Girard me paraissent précieuses ; je crois qu'on peut y trouver d'importantes applications, comme M. Barre l'a dit, pour les chemins de fer urbains, et aussi pour le transport de poids considérables et indivisibles, comme celui des bateaux par exemple.

Quant à la propulsion hydraulique, je laisserai de côté, quant à présent, cette partie de l'invention.

Restant donc sur le terrain du glissement, je dois dire que les renseignements apportés par M. Barre, à la dernière séance, sur la manière dont varie la consommation d'eau, ne m'ont pas complètement édifié. Cette consommation dépend des conditions dans lesquelles on supporte les wagons sur la voie, c'est-à-dire, de la pression d'eau, de l'étendue de la surface, de la forme de cette surface et de l'importance relative du périmètre par rapport à l'aire.

Dans l'expérience de l'Esplanade, où les voitures avaient vingt-quatre places et étaient légères, les quatre patins avaient 22 *cm* de largeur et 44 *cm* de longueur et dépensaient 1 *l* d'eau par seconde, soit environ 3 1/2 m^3 à l'heure; chaque voiture consommait donc par heure 14 m^3 d'eau à 3 *kg* de pression par cm^2. On voit bien combien la question a d'importance.

M. Barre a parlé de deux expériences faites à Senlis et il s'est livré sur leurs résultats à des calculs dans lesquels il paraît avoir posé comme hypothèse que le soulèvement du patin sur la voie serait une constante évaluée à 3/4 de *mm*. Alors, connaissant le soulèvement du patin et l'orifice par lequel l'eau s'écoule, il en a déduit la valeur du coefficient de contraction. On ne sait si cette hauteur de soulèvement se maintiendra constante, malgré la variation de la charge et de la pression, ou, si par exemple, on passe d'un petit patin à forte pression à un patin plus étendu à faible pression ; or, c'est le travail à dépenser qu'il faut s'attacher à réduire au minimum. Peut-être M. Barre voudra-t-il nous renseigner plus tard sur les expériences qu'il ne manquera pas de faire pour déterminer les lois et les coefficients qui régissent ces phénomènes d'écoulement.

Dans le cas où il trouverait avantage à réduire la pression par unité de surface, en augmentant la surface portante, il arriverait à diminuer le périmètre de cette surface par rapport à son aire, et, par suite, à soulever un même poids avec une moindre dépense de puissance.

Dans cet ordre d'idées, on pourrait supporter la voiture, non plus par quatre petits patins alimentés d'eau à très forte pression, mais par un patin unique, qui aurait la dimension de la voiture elle-même, ou à peu près, et dans lequel il suffirait d'une pression de 60 *cm* de hauteur d'eau, par exemple. Si cela était possible, on y trouverait un grand avantage, parce que, au lieu de ces rails coûteux en fonte ou en acier laminé, nécessaires pour porter les patins actuels, on pourrait avoir recours à des chaussées en asphalte comprimé, sur lesquelles glisserait le patin unique supportant la voiture. Il suffirait d'entretenir cette très faible hauteur d'eau, et on arriverait ainsi à diminuer la consommation de travail.

Tels sont les points sur lesquels je demanderai à M. Barre des explications, et, pour l'avenir, des expériences. (*Applaudissements.*)

M. Barre dit qu'il répondra d'abord à la première observation relative à la hauteur du soulèvement des patins :

Quand on fait supporter successivement à un même patin des charges différentes, si l'on a soin de régler son débit au minimum pour chacune d'elles, la hauteur de soulèvement est la même dans les différents cas. Elle est constante.

Dans ce qu'a dit ensuite M. Brûll, il y a quelque chose de frappant et de vrai en même temps : c'est l'avantage qu'on a, au point de vue du nombre de kilogrammètres à dépenser, à diminuer la pression en augmentant la surface des patins.

M. Brûll a raison en principe, mais, dans l'exposé que j'ai eu l'honneur de vous faire, à la dernière séance, quand je disais qu'il est préférable d'augmenter la pression sous le patin, au lieu d'augmenter ses dimensions, j'ai indiqué, j'ai sous-entendu qu'on prenait l'eau à 10 *kg* de pression dans la conduite, c'est-à-dire qu'on prenait l'eau à une pression déjà faite et plus grande que celle à laquelle on l'utilisait.

Dans ces conditions, il y a avantage, non pas à augmenter la surface des patins, mais à augmenter la pression. Si, au contraire, vous avez la possibilité, comme dans l'exemple cité par M. Brûll, de diminuer la pression initiale, il y a certainement avantage à augmenter la surface des patins; mais alors, il faut aller jusqu'à la limite indiquée par M. Brûll, il faut prendre un seul et énorme patin glissant, et le faire mouvoir sur une chaussée d'asphalte, par exemple. C'est très possible.

Avec Girard, à la Jonchère, nous avions fait des essais sur une plate-forme en asphalte, qui était très grossière, — nous l'avions dressée à coups de hachette, — et nous y avons fait glisser un patin. Ce patin s'est très bien comporté.

S'il s'agissait de relier deux biefs de canaux avec un sas glissant, peut-être y aurait-il avantage à transformer le sas en un seul patin : il est évident que la pression serait très faible et la dépense moins grande que si l'on était obligé de le transporter sur un grand nombre de patins de faibles dimensions.

Mais, je le répète, il faut aller jusque-là et prendre le sas lui-même

pour un patin, ou bien multiplier le nombre des patins, pour leur donner des dimensions restreintes, n'exigeant pas des rails larges et coûteux.

Cette multiplicité des patins n'offre aucun inconvénient dans l'application ; on peut toujours répartir la charge uniformément entre eux.

Quelle est la disposition à adopter dans ce cas ? — La voici : On divise le rectangle du fond du sas en quatre autres par les deux médianes; chacun des rectangles ainsi formés comprend le même nombre de patins, dont les tiges de suspension pénètrent dans des cylindres remplis d'eau où elles remplissent les fonctions de pistons plongeurs. Ces cylindres hydrauliques sont fixés au châssis qu'ils supportent et communiquent entre eux dans le même rectangle, au moyen d'une tuyauterie d'un diamètre déterminé, mais ils sont complètement indépendants de ceux contenus dans les trois autres rectangles.

Cette disposition comprise, admettons qu'il y ait 6, 8 ou 10 files de rails, ou même davantage. Lorsqu'une de ces files viendra à désaffleurer les autres, par suite d'un tassement partiel du sol, les patins qui lui correspondent, en se soulevant, enfonceront leurs tiges de suspension dans les cylindres hydrauliques; l'eau sortira de ces derniers pour pénétrer dans les cylindres voisins dont les tiges de suspension descendront et feront porter les patins sur les rails plus bas.

La charge se trouvera ainsi répartie, d'une façon automatique et parfaite.

Il est donc facile, avec les patins glissants, de porter des charges considérables sur plusieurs files de rails, sans être astreint à un entretien anormal de la voie.

Les rails peuvent également se déverser, sans aucun inconvénient, parce que les tiges de suspension présentent un jeu suffisant pour que le patin puisse osciller et obéir à ces dévers.

Il n'y a donc aucune difficulté pratique à employer un nombre quelconque de patins, mais si l'on veut augmenter leur surface pour diminuer la pression et le nombre de files de rails, il ne faut pas s'arrêter à mi-chemin, parce qu'on arriverait à des rails très larges, d'un poids énorme et dont le prix de revient, tout posés, annihilerait le bénéfice cherché. Il faut ne plus faire qu'un seul et unique patin glissant sur une plate-forme.

Je crois que c'est possible, mais je ne l'ai pas essayé dans des proportions qui puissent me permettre de me prononcer.

J'ai répondu, je crois, aux observations qui m'avaient été faites.

J'accède volontiers à la demande de M. Brüll, de donner à la Société des Ingénieurs civils tous les résultats des expériences que nous pourrons faire, dans les applications du système. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Barre des renseignements très intéressants qu'il vient de donner et desquels on peut conclure que le chemin de fer glissant présente pour les petits parcours des avantages remarquables au point de vue de la légéreté du matériel et de celle de l'ossature métallique destinée à le supporter. Il semble donc parfaitement approprié à de petites lignes de tramways urbaines.

Pour les grands parcours le problème ne semble pas aussi bien élucidé ; on ne sait pas encore, par exemple, comment ce matériel léger se comporterait dans les pentes rapides lorsqu'il faudrait s'arrêter brusquement.

Quoi qu'il en soit, M. Barre a résolu, par cette application, un problème qui fait grand honneur à sa science d'ingénieur et à ses connaissances techniques. Nous le prierons de nous communiquer plus tard les résultats qu'il aura obtenus principalement pour les lignes à grand parcours ou à fortes pentes, pour lesquelles la discussion n'a pu être réellement abordée puisqu'il n'y a pas encore d'exemples à l'appui de ce qui a été dit. *(Approbation.)*

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 21 février 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société que, depuis sa dernière réunion, elle a perdu deux nouveaux collègues. L'un, M. L. Yvert, appartenait à cette pléiade de 1848 qui a fondé notre Société. Il s'était spécialisé dans l'étude et la construction des tabliers métalliques et avait, à plusieurs reprises, vivement intéressé nos réunions par ses communications sur ce sujet et la part qu'il prenait à nos discussions; il fut l'un de nos secrétaires pendant les années 1850 à 1856 et si, dans ces derniers temps, il était devenu moins assidu à nos réunions, c'est à son état maladif seul qu'il faut en attribuer la cause. La Société s'associe bien sincèrement aux regrets que la disparition de cet homme de bien cause à sa famille et à ses amis.

L'autre, M. E. Schoubart, élève de l'École Centrale, était membre de la Société depuis 1880; il occupait une position importante dans l'industrie des carrières à plâtre et avait su conquérir l'estime et la sympathie de tous ceux qui se trouvaient en relation avec lui.

M. LE PRÉSIDENT a, comme compensation, la satisfaction d'annoncer la nomination de deux de nos collègues, MM. Furno et Ladret, au grade d'officier d'Académie, et il félicite ses deux collègues de la distinction qui vient de leur être accordée.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste publiée plus loin des ouvrages reçus depuis la dernière réunion et appelle plus spécialement l'attention de la Société sur une notice relative aux chemins de fer à voie étroite, publiée par M. Adolfo de Ibarreta, dont la compétence sur ces questions est connue. Notre collègue, M. A. Moreau, nous a promis d'en faire une traduction et l'objet d'une communication à l'une de nos prochaines séances.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre écrite par M^me^ veuve Hirn, pour remercier la Société et notre collègue, M. Grosseteste, des témoignages

de sympathie qui lui ont été donnés à la mort de son mari, et lui adresse à cette occasion une nouvelle expression des respectueuses condoléances de la Société.

M. LE PRÉSIDENT communique un télégramme envoyé par les membres de la Société des Ingénieurs de Barcelone qui, réunis dans un banquet, adressent leurs meilleurs souvenirs à leurs collègues de Paris; il leur a été répondu par des remerciements.

Il annonce la formation d'un Comité permanent du Congrès international des accidents du travail, Comité qui doit continuer à grouper et à publier les documents de tous les pays relatifs à la question des accidents du travail. Ce Comité, composé de membres français appartenant à tous les groupes industriels, aux grands corps de l'État, aux Chambres et grandes Écoles, puis de membres étrangers des pays les plus divers, doit chercher, sans aucune tendance politique, à fournir aux débats des documents aussi sûrs que nombreux. Plusieurs de nos collègues : MM. de Coëne, Dujardin Beaumetz, Liébaut, font partie de ce Comité qui a pour secrétaire général l'un de nos secrétaires, M. Gruner, auquel les demandes de renseignements et adhésions peuvent être adressées, 6, rue Férou.

M. LE PRÉSIDENT adresse les remerciements de la Société à M. Ed. Simon qui, après avoir témoigné l'intérêt qu'il porte à nos travaux en fondant le prix Michel Alcan, a bien voulu faire abandon des 2 bons qu'il a souscrits pour la réception des Ingénieurs étrangers.

M. CACHEUX remet à M. le Président le compte rendu *in extenso* du neuvième Congrès international de sauvetage et exprime l'espoir que plusieurs collègues de la Société voudront bien prendre part à ses travaux qui doivent traiter un grand nombre de problèmes nouveaux; une réunion du Congrès aura lieu le 8 avril prochain, à Toulon, pour tâcher d'en résoudre un certain nombre.

M. Cacheux remet également son travail relatif au rôle de l'Ingénieur dans la construction pure et la seconde édition de l'ouvrage : *les Habitations ouvrières en tous pays*, qu'il a fait en collaboration avec notre regretté collègue, M. E. Müller, et se met à la disposition des membres de la Société pour répondre aux questions qu'on pourrait lui poser à ce sujet. Ce travail a valu à ses auteurs la médaille d'or décernée par la Société industrielle de Rouen.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cacheux de ses très utiles et intéressantes communications, qui seront mises à l'ordre du jour d'une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la communication de M, E. Bert sur les *traités de commerce et leur renouvellement.*

M. LE PRÉSIDENT désire, avant de donner la parole à M. Bert, appeler l'attention de la réunion sur l'importance du sujet qui va être exposé par notre collègue et qui rentre tout à fait dans les questions que la Société a pour but de traiter, puisqu'elle doit, en vertu de l'article 4 de ses statuts, « *poursuivre par l'étude des questions d'économie industrielle,* » *d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des*

» *forces et des richesses du pays* » et qu'il n'est pas de question intéressant plus l'avenir de la patrie, en ce moment, que celle du renouvellement des traités de commerce. La Société a le devoir de faire connaître son avis sur le régime économique qui nous sera donné, car elle se trouve, par le nombre et l'importance des positions occupées par ses membres, être le représentant le mieux désigné des intérêts de l'industrie et de l'agriculture, ces deux grandes sources de la fortune publique. Elle représente non seulement les intérêts matériels de ces branches de l'activité humaine, mais aussi ceux de ses innombrables collaborateurs et ouvriers qui en vivent et dont nous devons chercher à faciliter l'existence par tous les moyens possibles, car c'est en accroissant leur bien-être que nous les attachons à leur famille, les encourageons à la développer et leur faisons aimer de plus en plus la grande et commune famille, la patrie, qui, seule, peut leur assurer la jouissance de ces biens. Nous avons enfin le devoir de rechercher le meilleur moyen d'accroître la richesse du pays ; car, pour être fort et respecté, il ne suffit pas, aujourd'hui, d'être courageux et généreux, il faut être riche et même très riche. *(Applaudissements.)*

M. E. Bert a la parole.

M. Émile Bert dit que la question des traités de commerce est celle qui intéresse le plus, en ce moment, le monde industriel et commercial; aussi lui a-t-elle paru digne d'occuper l'une des séances de la Société, bien que ce sujet soit un peu étranger à ceux qui font d'ordinaire l'objet de ses discussions.

Il ne traitera cette grave question qu'à un point de vue général, heureux ensuite d'écouter les observations que présenteront des collègues plus autorisés.

Depuis cinquante ans, ajoute-t-il, tout a bien changé, et, de même que les armements de la nation subissent de continuels perfectionnements, les lois qui régissent nos rapports internationaux devraient aussi être en progrès sur les anciennes. La guerre commerciale n'est-elle pas plus redoutable que la guerre étrangère? Les désastres causés par la seconde ne se réparent-ils pas plus vite que ceux qu'occasionne la première?

Il examine d'abord les divers systèmes économiques qui se sont succédé chez nous depuis un siècle, depuis la loi du 5 novembre 1790 qui a établi l'unité du tarif général en France : la législation douanière de l'Assemblée constituante, le régime de la loi du 15 mars 1791, le blocus continental, la loi du 28 avril 1816, la loi du 20 juillet 1819, qui institua pour les céréales le système dit « de l'échelle mobile », les lois des 9 et 27 juillet 1832, celles des 2 et 5 juillet 1836. Cette dernière réglemente les admissions temporaires et forme encore aujourd'hui la base de notre législation sur ce point, qui a donné lieu à de nombreuses réclamations. Après il passe en revue les dispositions douanières du règne de Louis-Philippe, pendant lequel le système de la protection était en grande faveur.

Puis il examine le régime créé par les traités de commerce de 1860 et les récriminations qu'ils soulevèrent.

M. E. Bert parle ensuite du régime actuel et des traités de commerce qui suivirent l'établissement du tarif général des douanes, promulgué le 7 mai 1881.

Il arrive alors à la question de savoir s'il y a lieu de renouveler les traités actuels, mais avant de l'examiner il indique quels ont été les résultats des traités de commerce de 1860 et de 1882.

Il démontre qu'il ne faut pas attribuer, aux traités de commerce de 1860, le développement incontestable et incontesté de notre richesse depuis cette époque.

Il indique quel a été le mouvement de notre commerce international de 1827 à 1889, et il prouve que la prospérité de la France a été sans cesse grandissante tant que la balance du commerce nous a été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numéraire de l'étranger au lieu de lui en envoyer; mais depuis que la balance du commerce nous est devenue défavorable, c'est-à-dire depuis que la France est devenue débitrice des nations étrangères, en raison des importations qui ont prédominé sur les exportations, nous avons vu une crise épouvantable s'abattre sur notre industrie manufacturière et agricole, d'une intensité variable, elle a été la plus forte les années où l'excès des importations sur les exportations a été le plus grand.

Il réfute ensuite cette idée erronée de certains économistes qui prétendent que plus le commerce que l'on fait avec l'étranger est lucratif, plus la somme des importations doit excéder celle des exportations.

Tout le monde sait, ajoute-t-il, que les années 1862 à 1867 et 1872 à 1876 ont été marquées chez nous par une grande prospérité et ce sont précisément celles où nos exportations surpassent nos importations. La crise qui sévit sur notre pays a pris naissance en 1876, précisément au moment où nos importations ont commencé à surpasser nos exportations; elle a atteint son maximum d'intensité en 1880, l'année où l'excès des importations sur nos exportations a aussi atteint son maximum; enfin, elle diminue sensiblement depuis cette époque et nous voyons en même temps diminuer l'excédent des importations sur les exportations.

Les constatations qui se dégagent de l'examen du tableau de notre commerce international sont d'autant plus irréfutables qu'elles sont corroborées par l'examen des faits. Il est incontestable, en effet, que jusqu'à il y a une quinzaine d'années, de grandes fortunes ont été réalisées dans l'industrie. Les bénéfices permettaient d'apporter sans cesse des perfectionnements à l'outillage et d'améliorer le sort des ouvriers. En est-il de même aujourd'hui? Personne n'oserait le soutenir. Avec beaucoup d'efforts et d'économies, on arrive avec peine à équilibrer les recettes et les dépenses. Aujourd'hui, l'industrie ne donnant plus aux capitaux une rémunération suffisante, ceux-ci s'en éloignent et de même les personnes. N'est-ce pas là le motif qui fait que tant d'individus recherchent des places de fonctionnaires ou d'employés plutôt que de se livrer à l'industrie? N'est-ce pas là aussi la cause qui explique le nombre trop grand d'usines qui ont disparu et disparaissent encore chaque jour?

M. Émile Bert réfute ensuite les principaux arguments que l'on fait valoir en faveur des traités de commerce.

Ils assurent, dit-on, la fixité du tarif et les réductions de droits obtenues par les négociations. — Cette stabilité est purement illusoire. En effet, en vertu de la clause dite « clause de la nation la plus favorisée » qui fait profiter chaque État contractant des concessions accordées ou à accorder à d'autres pays, les concessions faites par la France sont incessamment augmentées, sans aucun avantage réciproque pour nous. Par exemple, le droit sur les vins qui était de 4,50 *f* par hectolitre, d'après le tarif général de 1881, a été successivement abaissé à 3 *f* par le traité avec l'Italie, puis à 2 *f* par le traité avec l'Espagne. Toutes les nations qui ont des conventions avec nous profitent de ces réductions successives.

Il réfute après l'argument qui consiste à dire qu'il faut rechercher avant tout l'intérêt du consommateur. Le consommateur et le producteur ne font-ils pas qu'un ? Il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne produisent rien. Quelque respect que l'on ait pour ceux qui vivent de revenus et de rentes, il est incontestable que leur sort est moins intéressant que celui des personnes qui font sortir du sol ou des usines les richesses et les produits qui servent à l'usage de tous.

Nous sommes volontiers protectionnistes pour l'industrie que nous exerçons et libre-échangistes pour celle des autres.

Des économistes prétendent aussi que chaque nation doit se consacrer exclusivement aux industries et aux productions pour lesquelles elle a le plus d'aptitude. Une pareille théorie ne supporte pas l'examen, car nous fabriquons aujourd'hui des produits pour lesquels nous étions tributaires de l'étranger il y a cinquante ou cent ans.

M. Bert indique ensuite le grand revirement d'opinion qui se fait à l'heure actuelle ; le courant devient irrésistible, car les libre-échangistes eux-mêmes jettent les traités de commerce par-dessus l'eau : les plus marquants d'entre eux, Léon Say et Leroy-Beaulieu, reconnaissent qu'ils n'ont point répondu aux espérances.

Nous devons conserver notre liberté d'action et ne pas recommencer la faute qui a été commise en 1882. Après la conclusion des traités qui nous liaient les mains pendant une période déterminée, un certain nombre de puissances auxquelles nous avions accordé des concessions se sont empressées de relever les droits de leur tarif général autant qu'elles le pouvaient, et nos engagements antérieurs nous ont empêchés de défendre notre marché contre l'invasion des produits étrangers.

Il nous faut revenir aux vrais principes, au régime de l'indépendance. Tant que la liberté commerciale ne planera pas sur le monde entier, divisé aujourd'hui en peuples de race, langue, mœurs différentes et dont les intérêts sont opposés, le libre-échange ne sera qu'une utopie dangereuse ; suivant les temps et les circonstances, la France doit défendre ses producteurs contre la concurrence étrangère par des tarifs appropriés à chacune de nos industries ; le tout est de faire de la protection à propos et dans une juste mesure.

M. Bert termine en disant que l'abandon des traités de commerce s'impose à l'heure actuelle et est accepté à peu près unanimement ;

aussi ne semble-t-il y avoir de discussion que sur le choix du régime à adopter pour l'avenir.

La solution la meilleure semble être celle du régime des deux tarifs, l'un *minimum* qui serait réservé aux nations qui nous traitent favorablement, l'autre *maximum* qui serait opposé aux pays qui nous refusent les avantages qu'ils accordent à d'autres États ou dont le régime économique serait trop dur pour nos produits.

Ce système présente beaucoup d'analogie avec la situation actuelle, qui comporte deux tarifs : le tarif conventionnel pour les pays avec lesquels nous avons des traités de commerce, et le tarif général appliqué aux produits des pays avec lesquels nous ne sommes point liés par des conventions. Mais il présente sur le système actuel de très grands avantages, car nous serions absolument maîtres de modifier à tout moment, suivant nos besoins, les droits portés dans l'un et l'autre de ces tarifs, tandis qu'en ce moment nous ne pouvons pas toucher au tarif conventionnel. En outre, le tarif minimum, qui est le plus important, serait établi au grand jour, discuté au parlement, tandis qu'aujourd'hui le tarif conventionnel est établi par des commissaires, réunis autour d'une table verte et cherchant à obtenir les plus grandes concessions, concessions qui ont souvent été faites bénévolement par la France, sans réciprocité ; les traités de 1882 surtout en sont la preuve la plus manifeste.

M. Émile Bert ajoute qu'il y aurait encore beaucoup à dire sur cette importante question du régime douanier, mais il a simplement voulu engager la discussion sur ce point en ne parlant que d'une façon générale. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bert de la communication qu'il vient de faire, de son étude si complète et si approfondie de nos traités de commerce et est heureux de rendre justice aux sentiments de profond patriotisme qui animent ce travail. L'importance du sujet traité est trop grande pour qu'il puisse être discuté après une simple lecture ; le mémoire de M. Bert sera imprimé dans notre plus prochain Bulletin et discuté dans la séance qui suivra cette publication. *(Approbation.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. L. Coiseau, sur *le Pont du Forth.*

M. L. COISEAU rappelle que, dans quelques jours, le gigantesque pont, construit sur le golfe du Forth, près d'Édimbourg, va être inauguré officiellement. Ayant eu la bonne fortune de collaborer à sa construction, il a pu voir de très près le travail lui-même et les différents moyens qui ont été mis en œuvre pour son exécution. Il se propose donc de les exposer devant la Société, avec l'espoir de l'intéresser.

Situation géographique. — Le pont est situé à environ 12 *km* à l'ouest d'Édimbourg, dans le prolongement du chemin de fer qui conduit de la capitale au village de South Queensferry, où voyageurs et marchandises sont transportés par des Ferry-Boats sur l'autre rive, où le chemin de fer les reprend à nouveau, pour les transporter vers le nord de l'Ecosse.

But du pont. — Le pont a donc pour but de combler cette lacune, et de mettre en communication directe le nord de l'Angleterre et Edimbourg, avec le nord-est de l'Écosse ; le nouveau pont de la Tay, achevé depuis un certain temps, et celui-ci l'étant également, les trains pour-

ront aller directement vers Dundee, Aberdeen, etc., sans être obligés de contourner le Forth, en passant à Stirling, et la Tay, en passant à Perth, ce qui constitue un raccourcissement d'à peu près 45 *km*.

Compagnies intéressées. — Quoique ce raccourcissement ne soit pas bien considérable, le temps étant toujours *money* dans le Royaume-Uni, les quatre grandes compagnies, le *Great Northern*, le *North Eastern*, le *Midland* et le *North British Railway*, s'unirent pour faire les frais de l'exécution, et formèrent une nouvelle compagnie appelée : *The Forth Bridge Railway Company*.

Choix de l'emplacement. — Cette intention étant bien arrêtée, il ne restait pas de choix à faire dans l'emplacement du pont ; car, à hauteur d'Edimbourg, en face de Leith, le golfe a environ 10 *km*, avec des profondeurs considérables ; puis il se rétrécit, et, à Queensferry, il se resserre subitement et n'a plus que 1 600 *m* de largeur, avec cette circonstance que la petite île de Inch Garvie le sépare en deux, en laissant de chaque côté une passe ou chenal d'à peu près 500 *m*, avec des profondeurs de 30 à 60 *m* au milieu. Au delà de Queensferry, le golfe s'élargit à nouveau pour se resserrer ensuite à 35 *km* vers l'ouest, à Stirling.

Concours pour le projet. — Après l'achèvement du premier pont sur la Tay et sa mise en exploitation, la construction du pont sur le Forth avait été décidée, et Sir Thomas Bouch, le malheureux auteur de celui de la Tay, avait été chargé de sa construction ; le pont devait être suspendu. Après l'accident du pont de la Tay, les travaux furent arrêtés, l'ingénieur mourut quelque temps après, et de nouveaux projets furent demandés aux ingénieurs de la Grande-Bretagne.

Conditions à remplir. — Les conditions du programme du concours étaient les suivantes :

Construire un pont rigide pour chemin de fer à deux voies, capable :

1° De supporter deux trains, pesant une tonne par pied courant, soit 3 328 *kg* par mètre courant, un sur chaque voie et d'une longueur illimitée ;

2° De supporter, sur chaque voie, un train ayant en tête deux locomotives avec tender, de chacune 71 *t*, remorquant 60 wagons à charbon de chacun 15 *t* ;

3° De permettre le passage de trains express marchant à la vitesse de 60 milles à l'heure, environ 100 *km* ;

4° De résister aux plus grandes tempêtes, aussi bien pendant le montage qu'après achèvement, en admettant que la pression exercée par le vent soit de 56 *lbs* par pied carré (environ 273 *kg* par m^2), frappant tout ou partie du pont, et sous n'importe quel angle ;

5° De laisser sous le tablier une hauteur et une largeur telles qu'à la marée haute les plus grands navires à voiles puissent passer facilement dessous, sans aucune manœuvre préalable.

6° Toutes ces conditions étant remplies, l'acier, qui doit être employé dans la construction, ne devra, en aucun cas, travailler à plus de 10,5 *kg* par mm^2.

Projets présentés. — Quatre projets furent présentés et parmi ceux-ci, celui de Sir John Fowler et Benjamin Baker fut accepté. Sir J. Fowler est l'ingénieur bien connu par les travaux de chemins de fer qu'il a fait exécuter aussi bien dans le Royaume-Uni que dans les colonies, et spécialement par les travaux du Métropolitain de Londres. Quant à Benjamin Baker, il est de beaucoup plus jeune : il a contribué pour sa part aux travaux dont je viens de parler, et peut être considéré comme l'auteur du magnifique projet dont vous voyez la forme, les lignes et les dimensions principales sur l'esquisse qui est devant vos yeux.

Modifications au projet primitif. — Des modifications ont été apportées au projet primitif : la plus importante est celle relative aux tubes des piles qui, d'abord, étaient inclinés dans le sens longitudinal et ressemblaient à des bigues haubanées entre elles ; tandis qu'elles ont été placées verticalement dans ce sens, comme l'indique le dessin.

Dimensions principales. — La longueur totale du pont, y compris les viaducs d'approche, et de remblai en remblai, est de un peu plus de un mille et demi (8 098′ ou 2 470 *m*).

Longueur de la partie centrale, d'axe en axe, des piles d'extrémités des viaducs : 5 349′ 6″ ou 1 631,60 *m*.

Portée des deux grandes travées : 521,55 *m*.

Longueur des consoles ou *Cantilevers :* 680′ et 689′ 9″, ou 207,40 *m* et 210,37 *m*.

Longueur des poutres centrales : 350′ ou 106,75 *m*.

Hauteur des piles, au-dessus du niveau de haute mer : 360′ ou 109,80 *m*.

Hauteur entre le dessous du tablier et la haute mer : 150′ ou 45,75 *m*.

L'idée fondamentale qui caractérise la construction est dans la forme adoptée : le principe consiste à élever de grandes piles métalliques (atteignant ici 110 *m* au-dessus de l'eau), qui portent de chaque côté un encorbellement ou console, ce que les Américains qui, paraît-il, l'ont appliqué les premiers, nomment *Cantilever System.*

Sur l'extrémité de ces deux consoles en porte-à-faux, qui sont parfaitement équilibrées, pendant la construction comme après son achèvement, vient reposer une poutre ordinaire de pont, ayant ici une longueur de 350′ (106,75 *m*), avec semelles supérieures paraboliques, qui est supportée librement en ces points, avec toute liberté de dilatation, comme elle reposerait sur des piles ordinaires : le principe revient, en somme, à constituer des piles dont la surface d'appui supérieure soit très étendue, tout en leur assurant la stabilité nécessaire sur leur base d'appui propre, très petite en proportion.

Disposition des piles. — Les trois piles centrales reposent chacune sur quatre piliers en maçonnerie, ayant à leur base (70′) 21,35 *m*, cylindriques sur une hauteur variant avec la profondeur à laquelle elles sont fondées, et se terminant en tronc de cône avec (60′) 18,30 *m* un peu au-dessous de marée basse, et (49′) 14,95 *m* au sommet.

Portée des poutres des viaducs. — Les portées de poutres des viaducs varient de 168′ à 179′, de 51,24 *m* à 54,60 *m*.

Comparaison avec les principaux ponts. — Comme vous le voyez, les

dimensions de ce pont, et surtout celles des deux travées centrales, sont gigantesques ; elles laissent de beaucoup en arrière tout ce qui a été fait jusqu'ici : en effet,

Le pont de	Kulembourg a	147,70 *m*.
—	de Saint-Louis a	156 *m*.
—	de Poughkepsee a.	157 *m*.
—	du Douro a.	160 *m*.
—	de Garabit a	165 *m*.
—	de Monongahla a	244 *m*.

Même le fameux pont suspendu de Brooklyn, qui ne peut en aucune façon être comparé à celui-ci, n'a que 488 *m*.

Ces dimensions ne paraissent pas devoir de sitôt être dépassées, et il a fallu de l'audace pour concevoir le projet et le mettre à exécution. Aussi M. B. Baker est-il placé dès maintenant par ses compatriotes à la hauteur des Brunel et des Stéphenson; cet honneur sera certainement ratifié par les Ingénieurs étrangers.

Mode de construction. — D'une façon générale, toutes les parties métalliques du pont travaillant à la compression ont la forme tubulaire, et celles travaillant à la traction, de poutres croisillonnées à section rectangulaire.

Dilatation sur les piles. — La base des parties métalliques des piles est formée par un cadre rigide, composé, dans le sens longitudinal du pont, de tubes, et, dans le sens transversal, de poutres à section rectangulaire. Les tubes ont 260′ (79,30 *m*) de longueur, pour la pile centrale; ils ont 145′ (44,22 *m*) pour les deux autres. Les poutres transversales ont 120′ (36,60 *m*) de longueur. Il fallait prévoir les effets de la dilatation sur ce cadre et en tenir compte : le mouvement s'opère par glissement de la base du tronc sur la plaque de fondation, le tronc nord-est de chaque pile étant fixe. Le « skewback » ou tronc, d'où partent cinq tubes et quatre poutres, a une base composée de plaques d'acier formant une épaisseur totale de 0,10 *m* absolument plane : celle-ci repose, sans interposition aucune, sur la plaque de fondation, qui est composée de même de plaques d'acier formant aussi 0,10 *m* d'épaisseur; cette plaque est reliée à la maçonnerie par quarante-huit boulons solidement ancrés dans celle-ci; sur environ 0,60 *m*, et tout autour, la plaque de fondation est entourée d'une nouvelle épaisseur de plaques d'acier, ce qui constitue un bassin dans lequel on met du pétrole ou des huiles grasses, qui doivent faciliter le glissement de la pile sur sa base. Sur les plaques de fondation des quatre piliers constituant une des piles, le tronc est fixé différemment par quatre boulons; à la pile nord-est, les trous de la plaque ont le même diamètre; à celle sud-est, le trou des boulons est oblong et permet au tronc un mouvement dans le sens longitudinal; à celle sud ouest, le trou est triangulaire et permet un mouvement dans les deux sens; enfin, à la pile nord-ouest, les trous sont rectangulaires, et permettent un mouvement dans tous les sens.

Adjudication. — La mise en adjudication eut lieu le 21 décembre 1882, les travaux furent adjugés à Sir Thomas Tancred, M. Arrol et C°, pour la somme de livres sterling 1 600 000, environ 40 000 000 *f.*

Commencement des travaux. — Les travaux commencèrent dans les premiers mois de l'année 1883. Des ateliers complets, munis des machines-outils les plus perfectionnées pour le travail des métaux, et comprenant, entre autres machines remarquables, une presse hydraulique à quatre cylindres, pouvant développer un effort de 1 000 *t*, pour le cintrage des tôles des tubes. Une usine hydraulique avec accumulateur distribuant la pression à soixante-dix atmosphères dans les ateliers, dans les chantiers et jusqu'à la grande pile sud.

Une usine électrique, faisant fonctionner, en pleine activité, 80 lampes à arc de 3 000 bougies et 500 lampes à incandescence. Les bureaux et logements des Ingénieurs et employés de la Compagnie et des entrepreneurs furent également installés sur ce point; des logements pour les ouvriers, des cantines, des magasins, une église, etc. Ces ateliers furent réunis par une voie de chemin de fer au North British Railway et à l'estacade conduisant aux piles du viaduc et à la grande pile sud, par un plan incliné, par lequel tous les matériaux, arrivant par chemin de fer ou provenant des ateliers, ont été descendus pour être employés ou chargés sur bateaux, pour aller à l'île Garvie et à North Queen'sferry.

A l'île Garvie, des estacades très importantes, une usine hydraulique, une usine électrique furent aussi montées. Il en fut de même à North Queen'sferry; enfin vous aurez une idée de l'importance des installations qui ont été faites et du matériel destiné au travail, quand je vous dirai que tout cela a coûté près de 10 000 000 *f.*

Nature des terrains. — Le terrain qui forme les deux versants et le lit du golfe est composé, du côté de South Queen'sferry, de roches schisteuses qui sont apparentes jusqu'à la sixième pile du viaduc; elles sont recouvertes par une couche de vase d'abord, et plus loin par une couche d'argile, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée par les sondages; ces couches se continuent et forment le lit du premier chenal; puis des roches basaltiques émergent vers le milieu et forment l'île d'Inch Garvie; elles disparaissent à nouveau sous le lit du deuxième chenal, où elles sont recouvertes par la vase et l'argile, et reparaissent sur la rive à North Queen'sferry.

Fondation et maçonneries des piles. — La fondation des piles des viaducs d'approche n'a présenté aucune difficulté du côté de North Queen'sferry; toutes les fondations se trouvent au-dessus du niveau de l'eau, et le sol sur lequel elles ont été construites était formé de roches basaltiques très dures; il a suffi de régler le terrain et de commencer ensuite la maçonnerie, qui est en moellons de basalte et en mortier de ciment; les parements sont en moellons de bossage en granit d'Aberdeen; les angles et encadrements sont en pierre de taille de même provenance. Ces piles furent d'abord élevées de ce côté à environ 40′ (12,20 *m*) au-dessus de l'eau, pour être continuées plus tard comme je le dirai.

Du côté de South Queen'sferry, six des piles ont été fondées à sec sur le rocher; pour les quatre dernières, on a dû avoir recours à des batardeaux, le terrain se trouvant au-dessous de marée basse, et se composant : 1° d'une couche de vase, variant de 2′ à 10′ d'épaisseur, puis d'une couche d'argile très dure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée.

Les batardeaux étaient formés de deux files de pieux battus jointivement à la sonnette à vapeur: l'intervalle entre ces deux coffres, qui était d'une largeur de 6′ (1,83 *m*), fut rempli d'argile; par des épuisements énergiques, le sol fut mis à sec, nettoyé, et la fondation a été commencée et continuée jusqu'au-dessus de marée haute; les parements de ces piles sont comme ceux de North Queen'sferry, en granit d'Ecosse; la construction des batardeaux et des piles a duré dix mois; cependant tout a bien marché, aucun accident ne s'est produit. Toutes ces piles ont été laissées à une hauteur de 30′ (9,15 *m*) environ au-dessus de marée haute, et ont été continuées jusqu'à 140′ (42,70 *m*), leur hauteur définitive, de la façon que j'indiquerai plus loin.

Piles principales. — Chacune des trois piles principales se compose elle-même de quatre éléments cylindriques en maçonnerie, ayant à la base 70′ de diamètre, puis se réduisant à 60′, et enfin à 18′ au-dessus de marée haute, c'est-à-dire au niveau auquel se termine la maçonnerie et où commence la pile métallique, il n'y a plus que 49′: les parements sont en moellons de bossage et en pierres de taille de granit.

Fondations à North Queen'sferry. — Trois des éléments de la pile de North Queen'sferry n'ont présenté rien de remarquable en ce qui touche la fondation, le sol étant du roc et se trouvant au-dessus de l'eau; le quatrième se trouve en partie à sec et en partie dans l'eau, le point le plus bas étant à 3 *m* sous marée basse. On a suivi, pour la construction, un procédé permettant de voir le fond : on a entouré le caisson d'un batardeau formé de palplanches portant un sabot en fonte entrant dans le rocher; on a pu rendre ce coffrage étanche en coulant autour du ciment, mais non sans de grandes difficultés.

Pile de South Queen'sferry. — Les quatre éléments formant la grande pile de South Queen'sferry sont fondés sur caissons, les deux du sud à (71′ et 73′), 21,60 *m* et 22,25 *m* et les deux du nord à (84′) et 90′ 25,60 *m* et 27,15 *m* sous marée haute.

Les auteurs du projet décidèrent que ces piles seraient fondées à l'aide de l'air comprimé. En relation avec l'un des entrepreneurs, sir Th. Tancred, je fus invité par celui-ci à me charger de la fondation. Les caissons ont à la base 70′ (21,34 *m*) de diamètre, et 357,35 m^2 de surface : ils sont cylindriques sur une hauteur qui varie de (28′ à 43′) 8,50 *m* à 13,10 *m*. suivant la profondeur à laquelle ils sont descendus; puis ils affectent la forme tronconique sur (24′) 7,22 *m* de hauteur, avec un diamètre de (60′) 18,29 *m*, c'est ce qui compose le caisson proprement dit, et qui reste lié à la maçonnerie. Sur le sommet du tronc de cône qui se trouve à environ (1′) 0,30 *m* sous marée basse, un batardeau a été boulonné avant le fonçage du caisson; à l'abri de ce batardeau, la pile a été achevée, puis le batardeau, qui avait (36′) 10,98 *m* de hauteur, a été enlevé.

Tout le matériel de fonçage et les caissons ont été étudiés par les Ingénieurs anglais : ils ont des épaisseurs auxquelles nous ne sommes plus depuis longtemps habitués sur le continent : ces caissons pèsent plus de 1000 *kg* par mètre superficiel. Ils ont été construits sur leur hauteur entière sur la rive de South Queen'sferry, puis mis à l'eau par lançage de la

même manière qu'on fait pour les navires ; ils ont été ensuite remorqués et amenés dans la position qu'ils devaient occuper. On les a d'abord chargés sur le plafond d'une couche de béton, dont la composition est, comme pour celui employé dans tout le pont, de 1 de ciment, 1 et demi de sable et 5 de pierre cassée ; comme ces caissons sont à double paroi, celle intérieure étant espacée de l'autre de 5′, 6″ (1,65 *m*), on a rempli l'intervalle également avec du béton. Aussitôt que le caisson a touché le fond et qu'il a été suffisamment chargé pour ne plus se relever à marée haute en soufflant dans la chambre de travail, les ouvriers sont descendus par les écluses placées à la partie supérieure au-dessus du niveau de l'eau, dans la chambre de travail, et ont commencé à déblayer le fond, qui se composait premièrement d'une couche de vase peu résistante variant de 4*m* à 6*m* d'épaisseur, puis d'une couche d'argile entièrement résistante, tantôt remplie de rognons de silex, tantôt pure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée, même par des forages poussés jusqu'à (200′) 61 *m*. La vase a été évacuée de la chambre de travail, partie par l'air comprimé qui la refoulait par-dessous le tranchant, partie par des éjecteurs. Quant à l'argile, sa résistance était telle que les ouvriers parvenaient à peine à l'entamer avec des outils spéciaux ; aussi des essais de désagrégation à la poudre, à la dynamite, à l'eau, furent-ils faits sans produire aucun résultat ; quand il vint à l'idée du chef de service, de se servir de la pression hydraulique, qu'il avait sous la main, pour faire fonctionner une pelle hydraulique, qui fut immédiatement construite par M. Arrol. Cette pelle se composait d'un cylindre en fer dans lequel circulait un piston à l'extrémité de la tige duquel était fixée la bêche.

Pour la faire fonctionner, on prenait appui sur le plafond de la chambre de travail, l'eau introduite poussait le piston et sa bêche, et celle-ci pénétrait dans le sol sur une hauteur de 0,30 *m*. D'observations faites, il résulte que, pour entamer le sol, de cette façon, il fallait un effort de 60 *kg* par centimètre carré. Les morceaux d'argile ainsi détachés étaient chargés dans une benne mesurant 0,750 m^3 ; celle-ci était enlevée dans l'écluse à déblais par un treuil à vapeur ; en haut, les deux portes étaient manœuvrées par des pistons hydrauliques ; puis la benne était enlevée de l'écluse par une grue à vapeur placée sur le sommet du batardeau.

Les ouvriers travaillant dans les caissons n'ont pas été incommodés jusqu'au moment où la pression a dépassé 2 atmosphères ; à partir de ce moment et successivement au fur et à mesure de l'augmentation de pression, ils sont tous devenus malades, la plupart légèrement et quelques-uns gravement, à ce point que les équipes ont dû être renouvelées trois fois ; et cela, malgré les précautions prises, telles que l'éclusage lent pour la sortie, le chauffage des sas, les bains, les heures de travail réduites à trois par poste. La pression a atteint par moments jusqu'à 3 atmosphères, et il était grand temps que cela finisse, car les ouvriers, qui étaient de nationalités française, belge et italienne, n'en pouvaient plus. Le grand malaise que ces ouvriers éprouvaient doit non seulement être attribué à la pression, mais aussi aux gaz dégagés par le terrain, gaz qui, de temps à autre, s'enflammaient, sans cependant produire de détonation.

L'éclairage des chambres de travail était fait par des lampes électriques à incandescence. Le travail de fondation a régulièrement marché, sauf pour le caisson nord-ouest, auquel est arrivé un accident. Ce caisson n'était pas encore amarré à sa place définitive et était chargé d'environ 2 000 *t;* à chaque marée basse, il touchait le fond; à une certaine marée, il est resté collé à la vase; la marée en montant est passée par dessus la partie supérieure et l'a rempli; à marée descendante, aucun contremaître, ni ouvrier ne se trouvant là, car c'était à la Noël, l'eau est restée dans le caisson, elle l'a chargé considérablement, le couteau, du côté du thalweg du chenal, s'est enfoncé dans la vase et le caisson s'est tellement incliné, que sa partie supérieure s'est trouvée sous l'eau, même à marée basse. Cet accident aurait pu être évité, si l'on avait fait écouler l'eau de l'intérieur, à la marée descendante. Il fallut le relever pour le ramener à sa place et le foncer. A la suite d'essais infructueux, le moyen suivant a été employé pour son relevage: autour du caisson, on a descendu au niveau du terrain un anneau en acier d'un diamètre supérieur de 0,30 *m* à celui du caisson; dans cet anneau, on a placé des planches à rainure et languette tout autour du caisson, formant ainsi comme un immense tonneau, qui, quand il a été entretoisé intérieurement, a été capable de résister à la pression de l'eau; en épuisant à l'intérieur, le caisson s'est relevé; il a été ramené à sa place et foncé sans difficultés. Le relevage de ce caisson a duré 8 mois, tandis que la mise en place à profondeur de chacun des autres n'a duré que 3 mois.

Piles d'Inch Garvie. — Des quatre éléments composant la pile d'Inch Garvie, les deux éléments nord ont été fondés pour ainsi dire à sec, le sol se trouvant en partie au-dessus de l'eau à marée basse. Quant aux deux éléments sud, qui sont descendus l'un à 75′ (22,87 *m*), l'autre à 82′ (25,01 *m*), sous marée haute, ils ont présenté plus de difficultés : la roche basaltique sur laquelle ils sont fondés était fortement inclinée, présentant, sur les 70′ (21,34 *m*), d'un côté à l'autre du caisson une différence de niveau de près de 6 *m*.

Le projet qui avait été adopté, et qui avait reçu un commencement d'exécution, consistait à construire des caissons sans fond à double paroi, celle intérieure laissant un espace destiné à être rempli de béton et d'argile, la partie inférieure découpée exactement suivant les sinuosités de la roche. Ces caissons, dont la construction était commencée, devaient être amenés à leur place par des flotteurs, puis descendus sur la roche; l'espace annulaire devait être rempli de béton; à l'extérieur, on devait couler des sacs de béton, et entre ceux-ci et la tôle du caisson, du ciment liquide, puis épuiser. Ce procédé, qui rappelait celui employé par Brunel au pont de Saltash, et qui présenta là tant de difficultés, ne semblait pas satisfaire entièrement les Ingénieurs : épuiser sur une hauteur de 22 *m* environ, pour pouvoir aller entailler le fond, afin de ne pas établir la pile sur un plan incliné, semblait extrêmement chanceux. Invité par Sir J. Fowler, M. B. Baker et les constructeurs, à donner mon opinion sur ce projet, je le déconseillai, tout en proposant de construire les deux éléments au moyen de caissons et d'air comprimé, en indiquant un

mode d'exécution précis, pour la mise et le maintien en place de ces caissons. Ma proposition fut adoptée, et je pris l'engagement d'exécuter à forfait, dans les huit mois, sous peine d'une forte amende, par jour de retard, et par contre, sous bénéfice d'une prime par jour d'avance, la fondation de ces deux éléments, avec responsabilité entière. Le travail a régulièrement marché, et sa durée a été de six mois pour les deux.

Voici comment on a procédé; on a rempli de sable environ 50 000 sacs, qui, chargés dans des bateaux, ont été amenés et coulés, pendant les étales de marée haute et de marée basse sur le roc, dans les parties les plus basses à l'emplacement du tranchant du caisson; un sol artificiel a été ainsi formé et a été élevé jusqu'à 1 *m* au-dessus du point le plus haut du rocher. Le caisson a été ensuite amené à sa place, puis chargé de béton jusqu'à ce que, à marée haute, et en soufflant dans la chambre de travail, il ne se relève plus, ce qui, à marée basse, donnait sur le tranchant une charge d'environ 2 000 *t;* celui-ci vint d'un côté s'appuyer sur le rocher, et, sur la majeure partie de son pourtour, sur les sacs à travers lesquels il pénétra, jusqu'à ce que ceux-ci vinssent rencontrer la banquette de 1 *m* de largeur placée à mi-hauteur des consoles de la chambre de travail; la surface d'appui devenant considérable, et la charge sur les sacs n'étant plus que de 2 a 3 *kg* par cm^2, le caisson s'est arrêté, et cela tout à fait horizontalement; les ouvriers sont alors descendus dans la chambre, et le déblai de la roche a été exécuté. Comme je l'ai dit, cette roche est de basalte, il a fallu la faire sauter à la mine: les trous ont été percés à l'aide de perforatrices Eclipse mues par l'air comprimé; l'explosif employé a été la tonite, espèce de coton-poudre donnant peu de fumées et de gaz, à ce point que les ouvriers se contentaient de se retirer dans la cheminée d'écluse pendant l'explosion des mines; le feu était mis à celles-ci au moyen de l'électricité, par une dérivation prise sur le courant alimentant les lampes électriques. La roche a été enlevée de façon à former, sur toute la surface des caissons, une surface d'appui tout à fait horizontale; les chambres de travail ont été alors remplies de béton, la partie supérieure des caissons également, et la fondation s'est ainsi trouvée achevée. La partie au-dessus de marée basse a été achevée à l'abri des batardeaux dont j'ai parlé en commençant.

Achèvement des piles des viaducs. — Les poutres de tablier des viaducs ont été montées et entièrement terminées, quand les piles en maçonnerie avaient atteint la hauteur de 40′, (12,20 *m*) au-dessus de l'eau; on a terminé alors l'élévation de ces piles progressivement et en élevant à mesure le tablier, jusqu'à la hauteur définitive de 150′ (46,25 *m*) : ce levage a été fait au moyen de vérins hydrauliques, par étages de 6′ (1,83 *m*), et en prenant chaque fois appui sur la maçonnerie déjà terminée. Ce procédé, qui était très sûr comme exécution, a dû être peu économique, et il aurait sans doute été préférable et plus rapide d'opérer par lançage, pour ces poutres droites, en terminant d'abord les piliers.

Travail à l'atelier. — Tout l'acier employé dans la construction a été usiné à l'atelier spécial installé auprès du chantier. Tous les trous ont été forés; les cornières, plats, tôles ont été coupés à la scie et non cisaillées.

Construction des tubes. — Les tôles d'acier, composant les tubes des piles principales et aussi les membres inférieurs des grandes travées, ont été embouties au moyen d'une presse hydraulique de 1 000 *t*, refroidies ensuite avec beaucoup de soins, puis chanfreinées à froid sur tout leur pourtour; elles avaient une longueur de 16′ et une largeur de 51′ (4,88 *m* × 1,295 *m*). Pour le perçage de ces tôles, elles étaient montées, à l'aide de serre-joints sur leur squelette, placé lui-même sur des chantiers en bois; une machine spéciale à huit forets mue par la vapeur et circulant sur des rails placés de chaque côté du tube, faisait le travail de perçage des tôles et membrures assemblées; l'épaisseur de ces tôles varie de 28 à 32 *mm*.

Membrures supérieures. — Les tôles et cornières, formant les poutres de membrures supérieures, étaient d'abord assemblées sur boulons, puis les trous percés à la fois à travers toutes les épaisseurs à réunir, par une machine à onze forets qui mettait en œuvre environ 8 000 *kg*, de métal par jour.

Montage. — Le montage a été commencé sur les trois piles principales en même temps, en 1886. Les membres inférieurs ont été posés avec les grues, jusqu'à la hauteur de 7 à 8′ au-dessus de la maçonnerie. A cette hauteur, une plate-forme, composée des membres supérieurs de la pile, fut établie de la façon suivante : dans chacun des tubes, et transversalement, deux des tôles étaient laissées provisoirement à poser; deux grandes poutres en acier venaient les traverser, et former, avec deux autres placées dans l'autre sens, le cadre de la plate-forme, sur lequel un plancher solide était établi; on vint monter les grues et autres accessoires nécessaires au montage. Cette plate-forme était élevée par des presses hydrauliques qui, en plusieurs courses, élevaient la plate-forme de la hauteur d'une tôle. A cette plate-forme étaient suspendues les cages de rivetage avec leurs presses hydrauliques, qui pouvaient, sans déplacement de la cage, river une hauteur de 16′ (4,88 *m*), Quand cette plate-forme fut arrivée au sommet des colonnes, elle fut rivée à celles-ci et la pile fut terminée. Le montage des membres inférieurs se fit à l'aide de grues placées sur la partie supérieure et sur la poutre devant porter la voie. Les grues du sommet étaient hydrauliques : elles avaient un poids de 50 *t;* elles mettaient les tôles et cornières des membres inférieurs et supérieurs en place, et servaient à faire avancer les cages à river.

Croisillons. — Les croisillons étaient mis en place et rivés de la même façon.

Travée centrale. — La travée centrale, après bien des hésitations, a été montée de la même manière que les consoles : ses extrémités ont été reliées à celles des consoles à la partie supérieure, par des plaques d'acier, attachées sur les semelles des consoles et sur les siennes, ces attaches étant capables de supporter entièrement la demi-poutre; à la partie inférieure, un bloc d'acier a été placé entre les deux montants, de façon à faire relever légèrement le milieu de la poutre. La réunion des deux parties s'est faite en commençant par les semelles inférieures, en

choisissant le moment de la journée où la température était maximum; la poutre était donc légèrement bombée vers le haut : quand la température a baissé, la contraction des consoles a eu lieu ; les blocs d'acier placés entre les deux extrémités de la poutre et des consoles sont devenus libres, ils ont été retirés, et la poutre est venue, en se redressant, poser librement sur ses appuis définitifs. En même temps, et lorsque les semelles supérieures se sont trouvées dans la position qu'elles devaient occuper définitivement, ce qui a eu lieu à la température la plus basse, la jonction a été faite, les tirants reliant la poutre aux consoles ont été ôtés, et la poutre milieu s'est trouvée définitivement à sa place.

Quantités de matériaux. — Il est entré dans la construction du pont : 80 000 m^3 de béton et maçonneries; 50 000 *t* d'acier environ. La construction, qui avait été adjugée à 40 000 000 *f* en coûtera près de 75 000 000 *f*.

M. Coiseau termine en disant qu'il croit savoir que la Société des Ingénieurs civils a reçu une invitation à aller visiter le pont, il espère que la description qu'il vient de présenter à la Société, engagera un certain nombre de nos collègues à faire le voyage d'Édimbourg, où ils seront toujours sûrs de trouver une hospitalité écossaise.

M. Cacheux demande s'il serait possible d'avoir quelques chiffres à propos des accidents survenus aux ouvriers, tels que proportion pour mille travailleurs des morts ou blessés, des invalides ou impotents, etc... Ces renseignements de nature à permettre d'apprécier les dangers et les risques professionnels du travail sous l'eau ont leur importance au moment où cette question va venir au Sénat.

M. Coiseau répond qu'il lui est difficile de déterminer cette proportion; mais il est certain qu'à partir d'une profondeur de 25 à 30 *m* les hommes souffrent beaucoup et que ceux qui ne sont pas très robustes ne peuvent résister.

M. A. Moreau demande quel a été le coût de l'ouvrage.

M. Coiseau dit que les travaux avaient été adjugés à MM. Tancred Arrod et C°, qui heureusement ne les avaient pas pris à forfait, pour une somme de 40 millions mais qu'à l'heure actuelle ils en coûtent environ 75, soit une dépense de 30 millions par *km*. Les installations hydrauliques, celles des machines et ateliers entrent dans cette somme pour 10 millions environ.

Il a été employé 80 000 m^3 de maçonnerie et 50 000 *t* d'acier. Le prix du *kg* d'acier paraît être revenu à environ 1 *f*.

Répondant à une demande qui lui est faite, M. Coiseau ajoute que les essais de résistance du pont sont encore en cours d'exécution et qu'il ne connaît pas les résultats définitifs, mais les résultats obtenus jusqu'à présent sont conformes aux prévisions (1).

M. le Président remercie, au nom de la Société, M. Coiseau des ren-

(1) Peu après la séance, M. l'ingénieur Baker a bien voulu communiquer à M. Coiseau les résultats suivants des essais :

« La construction tout entière s'est révélée comme très forte et très rigide, et on n'y a » pas constaté plus de vibrations que sur un quai en maçonnerie, *on a rock embankment*.

» Deux trains pesant chacun 1 800 *t*, remorqués chacun par deux locomotives de 72 *t* » l'une, passant à toute vitesse sur le pont, ont produit au milieu de la grande travée » de 1710' (521 55 *mc*), une flèche maximum de 7" (0,178 *mm*).

seignements si intéressants qu'il vient de donner et qui ont été reçus avec d'autant plus de plaisir que l'inauguration de cet ouvrage doit avoir lieu dans quelques jours. Le pont du Forth constitue aujourd'hui la plus grande des constructions métalliques élevées dans le monde entier et présente la réalisation de problèmes qui, au point de vue de la construction métallique, font le plus grand honneur à leurs auteurs. Le montage de l'ouvrage mérite une mention toute spéciale ; la solution adoptée est simple et rationnelle ; seule, elle présentait les garanties de grande sécurité qu'on doit rechercher dans ce genre de travaux et c'est bien certainement elle qui a entrainé comme conséquence le type d'ossature adopté. Les renseignements donnés par M. Coiseau sur les fondations sont d'autant plus intéressants qu'ils s'appliquent à de grandes profondeurs et viennent compléter ceux que M. Hersent nous a déjà donnés sur ce même sujet.

M. le Président est d'avis de ne juger l'ouvrage qu'au point de vue professionnel et sans faire intervenir la question du prix de revient qui dépend beaucoup des procédés de travail employés dans les différents pays. Les précautions qu'il faut prendre dans le perçage, l'ajustage, le façonnage et la peinture des pièces composant les ossatures placées au-dessus de la mer ajoutent toujours aux prix unitaires habituels de ce genre de construction un coefficient important et qui peut, dans le cas présent, expliquer le prix de 1 *f* qui nous est signalé. Nous ne pouvons que féliciter M. Coiseau de la grande part qu'il a prise dans l'établissement de ce magnifique spécimen de l'art de la charpente métallique, et le remercier d'y avoir si bien représenté le génie civil français.

M. le Président rappelle, à ce sujet, qu'il a été en effet question d'aller visiter le pont du Forth l'année dernière ; mais que la saison avancée a fait remettre l'exécution de ce projet à plus tard. Nous espérons pouvoir lui donner une solution prochaine.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR

LA LARGEUR DE VOIE A ADOPTER

POUR

LA LIGNE BISKRA-TOUGOURT-OUARGLA

PAR

M. A. FOCK

Dans une conférence, faite le 3 mars 1888 devant l'Association pour l'avancement des sciences, M. G. Rolland a exposé la question du chemin de fer de Biskra à Tougourt et à Ouargla. Avec la grande autorité qui s'attache à son nom pour tout ce qui concerne la colonisation saharienne, l'éminent Ingénieur a fait ressortir les avantages incontestables que procurerait le prolongement de la ligne de pénétration dans le sud de la province de Constantine, tant au point de vue politique et stratégique que sous le rapport commercial et colonial. Mais si les idées émises par M. Rolland doivent être approuvées et soutenues par tous ceux qui ont à cœur le développement de l'Algérie et l'extension de l'influence française dans l'Afrique septentrionale, il y a lieu de préciser sur quelques points le programme d'exécution présenté dans la conférence du 3 mars 1888. Ce programme comporte notamment l'adoption de la voie étroite pour la ligne ferrée au sud de Biskra, condition dont on saisit sans peine la portée considérable, puisqu'aussi bien elle détermine dans ses traits principaux le caractère que doit revêtir, dans la pensée de l'auteur, l'entreprise projetée. Elle mérite donc certainement de faire l'objet d'un examen spécial, d'autant plus qu'il est essentiel de s'expliquer sur ce qu'il faut entendre par voie étroite, et de définir exactement le rôle que celle-ci paraît appelée à remplir dans la construction de la ligne d'Ouargla.

Il s'agit tout d'abord de bien poser la question et de formuler avec soin les termes du problème. Le chemin de fer d'Ouargla

deviendra incontestablement l'amorce du Transsaharien, quelle que soit d'ailleurs l'époque, malheureusement encore très incertaine, où celui-ci sera poussé plus avant dans le désert. Le type adopté pour le premier s'imposera donc forcément pour le second, et cette considération indique d'une manière très nette sur quel terrain il convient de se placer en abordant l'étude de la ligne de l'oued Rirh. Ce serait une grave erreur que de s'occuper de ce tronçon comme d'une entreprise indépendante ; dès le début, il faudra tenir compte de l'éventualité de son prolongement ultérieur et envisager dans son ensemble le projet de la traversée du Sahara, quitte à en différer provisoirement l'exécution intégrale.

Mais, d'un autre côté, il est impossible de méconnaître l'intérêt capital qui s'attache à l'établissement à bref délai du chemin de fer destiné à relier l'Algérie au Soudan central. En présence de l'activité incessante de l'Angleterre, devant l'intervention de plus en plus accentuée de l'Allemagne et de l'Italie dans les affaires du continent noir, la France ne saurait persister sans danger dans son attitude expectante et réservée. Maîtresse des anciens États barbaresques, du Sénégal et du Gabon-Congo, elle ne doit à aucun prix courir le risque de compromettre sa situation prépondérante en Afrique occidentale. Or, le seul moyen de prévenir un résultat aussi désastreux consiste à lancer le rail à travers le désert, en vue d'étendre l'influence française sur les vastes territoires qui dépendent en quelque sorte des trois grandes colonies du littoral.

Le besoin d'une action prompte autant qu'énergique étant ainsi reconnu, il en découle, comme première conséquence, la nécessité d'une exécution immédiate de la ligne de Biskra à Tougourt et à Ouargla. Le point principal à élucider est donc celui de savoir si, sous le double rapport technique et financier, cette dernière entreprise peut se réaliser dès aujourd'hui en adoptant pour base les conditions d'établissement du Transsaharien, envisagé dans sa forme définitive. A cet effet, il convient de se demander quelles sont les conditions précitées et de déterminer, à la suite de l'étude correspondante, la largeur de voie qu'il y aura lieu d'appliquer sur le railway du Soudan central.

Tant par son orientation que par son développement, le Transsaharien appartient à la catégorie des chemins de fer transcontinentaux. Or, s'il paraît rationnel, en principe, de créer pour ceux-ci un type spécial, eu égard au rôle tout nouveau qui leur incombe, on ferait certainement fausse route en s'inspirant pour

cette transformation des dispositions qui donnent aux lignes locales leur physionomie particulière. La différenciation de ce qu'on pourrait appeler le système courant et normal des voies ferrées, doit s'opérer dans un sens diamétralement opposé. C'est ce dont on se convaincra sans peine en jetant un coup d'œil rétrospectif sur l'évolution progressive des railways.

Ayant pris naissance dans l'Europe occidentale, ils n'avaient d'autre but, à l'origine, que de faciliter les communications sur de courtes distances. Mais bientôt la soudure de nombreuses sections isolées amena l'extension des parcours et fit peu à peu apparaître les lignes d'intérêt général reliant directement entre eux les grands centres d'un même pays. C'est pendant cette période de gestation et après bien des tâtonnements, que se constitua le type des chemins de fer tel qu'il a été reproduit depuis d'un bout à l'autre de l'Europe. Ce type s'adaptait forcément, en ce qui regarde les trajets et la vitesse de marche, aux données assez restreintes dont on ne sortait ni en France, ni en Angleterre, ni en Allemagne. Il n'était pas conçu en vue de l'exploitation des lignes internationales qui se formèrent plus tard, à la suite du raccordement des réseaux construits par les différents États continentaux. Et cependant, il fallut bien se contenter, pour l'organisation des nouveaux services directs, des voies ferrées déjà établies, car on ne pouvait songer à entreprendre l'exécution de grandes artères indépendantes qui eussent fait double emploi et seraient revenues à des prix exorbitants. De là est résulté cette situation que du jour où l'essor prodigieux des railways n'a laissé subsister aucun doute sur la nécessité de leur spécialisation, on ne s'est vu à même de réaliser celle-ci d'une manière complète que pour les embranchements d'ordre secondaire qui étaient encore à l'état de projet, tandis que pour les routes transcontinentales, on a dû se borner à améliorer les conditions d'exploitation des chemins existants dans les limites compatibles avec leur tracé en plan et en profil. Les efforts tendant à ce but ont abouti à la création, d'après l'exemple américain, des trains de luxe comme l'Orient-Express et le Sud-Express qui semblent appelés à prendre à bref délai une importance capitale.

En somme, on s'applique, pour rendre commode et rapide la circulation à travers l'Europe, à tirer tout le parti possible des voies de communication dont on dispose, et à en approprier le mode d'emploi aux exigences actuelles qu'on ne prévoyait nullement à l'époque de la construction et qu'on n'a, du reste, songé à

formuler qu'après s'être rendu compte de la façon pratique dont elles avaient déjà reçu satisfaction dans l'Amérique du Nord. Là, en effet, le problème des chemins de fer ne tarda pas à se présenter sous un tout autre aspect que de ce côté-ci de l'Atlantique. Le réseau des États-Unis de l'Est une fois constitué et une base solide ayant été ainsi obtenue, les regards se tournèrent vers le Pacifique qui devint bientôt l'objectif principal visé par les ingénieurs américains. Ceux-ci ne reculèrent pas devant l'idée hardie d'un Transcontinental dont l'exécution fut résolument mise à l'étude. Mais ils comprirent en même temps que, pour mener à bonne fin une entreprise aussi vaste et pour en assurer le succès définitif, on devait la concevoir dans l'esprit le plus large, briser les cadres évidemment trop étroits où l'on était resté enfermé jusqu'alors par suite de la faiblesse relative des distances, et proportionner la puissance de l'outillage aux espaces immenses à franchir. Aussi bien, et les capitaux s'offrant avec empressement, n'y eut-il pas d'hésitation pour dérouler le long ruban de fer entre New-York et San Francisco, en se servant exclusivement de la voie normale. Puis, vint l'organisation donnée à l'exploitation sous l'impulsion de Pullmann, l'invention des sleeping-cars et, finalement, la transformation complète des trains en des hôtels roulants. Grâce à ces innovations successives, les trajets de plusieurs milliers de kilomètres s'effectuent aujourd'hui sans grande fatigue, et c'est de l'exemple ainsi donné par l'Amérique du Nord que l'on s'inspire depuis quelques années en Europe, bien qu'encore assez timidement et sur une échelle très restreinte.

En présence des résultats acquis, surtout dans le nouveau monde, il semble incontestable que le type des chemins de fer transcontinentaux doit être au moins à voie normale, ne fût-ce qu'en raison du matériel extrêmement lourd qu'il comporte, et s'accommoderait encore mieux d'un écartement plus considérable des rails. Toutefois, l'examen de ce dernier point est absolument dépourvu d'intérêt en ce qui regarde le continent européen, et n'en a guère davantage par rapport à l'Amérique septentrionale où, il y a trois ans à peine, on achevait d'établir le Transcanadien avec une largeur de voie égale à celle adoptée pour la première ligne du Pacifique. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans l'un comme dans l'autre cas, on n'a abordé la question que sous une seule et même face. Des deux côtés de l'Atlantique, les grandes artères se développent sans exception à l'intérieur de la zone tempérée; elles traversent des contrées à population très dense et des

terrains soit boisés, soit cultivés, abstraction faite, bien entendu, des passages en pays montagneux. Jamais on n'y a été amené à envisager les conditions d'un long trajet sous un climat chaud et, par surcroît, dans le désert. Or, ce sont ces conditions toutes nouvelles auxquelles il faut savoir répondre pour pénétrer avec une ligne ferrée au cœur de l'Asie ou de l'Afrique. Les réseaux algérien et égyptien, ainsi que celui du Cap, ne fournissent encore aucune donnée à cet égard, puisqu'ils n'effleurent même pas la masse centrale du continent noir. Quant aux chemins de fer des Indes anglaises, ceux-ci, grâce à la situation géographique de la grande colonie britannique, constituent un ensemble de communications nettement isolé et entièrement indépendant, construit sans la moindre préoccupation au sujet du rattachement ultérieur à un transcontinental asiatique. Cette dernière éventualité ne s'est imposée à l'attention des ingénieurs que depuis l'ouverture récente du Sind-Pishin Railway s'avançant sur Candahar et allant ainsi à la rencontre de l'embranchement projeté que le Transcaspien enverra peut-être à bref délai de Donchak, son point le plus méridional, dans la direction de Hérat. Les types admis pour les lignes de l'Hindoustan n'ont donc ici qu'une valeur très relative, d'autant plus que ces lignes desservent en majeure partie des États bien peuplés et des districts riches en cultures.

Il en est tout autrement de l'œuvre audacieuse du général Annenkoff. Pour relier la Caspienne à l'Amou-Daria, l'ingénieur russse dut se frayer un passage à travers les steppes Tourkmènes, franchir sur une étendue de 200 *km* le terrible désert de sable entre Merv et Tchardjani, exécuter dans un pays sans eau la presque totalité des 1 067 *km* de voie qui séparent Ouzoun-Ada du vieil Oxus, affronter enfin des températures extrêmes allant de 40° au-dessus de zéro à 20° au-dessous. Il paraît difficile d'imaginer de pires conditions techniques et climatologiques; néanmoins, le général Annenkoff n'hésita pas à envisager, dès le premier jour, une solution définitive et à étudier son projet en conséquence. Caressant, dès l'origine, l'idée de pousser jusqu'à Samarcande; convaincu de l'avantage de proportionner du premier coup les moyens à employer au but à atteindre; estimant, d'autre part, que sa ligne constituait une entreprise d'assez grande envergure pour être assimilée à un transcontinental, il proposa de la construire immédiatement d'après le type le plus puissant et d'appliquer d'emblée sur tout le parcours la largeur normale russe, soit 1,523 *m*. Il eut la rare fortune d'obtenir gain de cause et de voir

mettre à sa disposition toutes les ressources nécessaires. Cette décision du gouvernement de Saint-Pétersbourg a été le point de départ de la transformation qui, à la simple voie pour transports militaires prévue au début, a substitué une route commerciale de la plus haute importance, s'étendant sur 1 500 *km* et permettant d'établir avec le Turkestan des communications aussi rapides que faciles.

Le Transsaharien, tel qu'il a été conçu, ne laisse pas que de présenter beaucoup d'analogie avec le Transcaspien. De même que pour celui-ci, il s'agit pour celui-là de traverser le désert; les difficultés et les obstacles rencontrés en Asie centrale surgiront également dans la partie Nord-Ouest de l'Afrique; ici comme là-bas on aura à lutter contre un climat peu clément et l'on se trouvera entravé par le manque d'eau. Il paraît donc rationnel de tenir compte pour la ligne du Soudan central, de l'expérience acquise par les Russes dans leur marche sur l'Amou-Daria. D'où, en premier lieu, cette conclusion qu'il faudra nécessairement arriver, comme terme final d'une évolution éventuelle, à l'application de la voie large. Et puisque la distance à parcourir dans le Sahara, c'est-à-dire celle de Biskra au lac Tchad, s'élève à environ 2 500 *km*, dépassant ainsi du double ou du triple la longueur de la route qui aboutit à Tchardjouï, surtout si l'on ne considère que le trajet dans les parages du Kara-Koum, il convient même de se demander s'il n'y aura pas avantage à prendre pour l'écartement des rails un chiffre supérieur à 1,45 *m*. Cette question ne saurait être traitée en quelques pages, mais il importe d'exposer brièvement les termes principaux du problème et de mettre ainsi en lumière les facteurs essentiels devant influer sur sa solution.

Deux motifs pourraient déterminer l'élargissement de la voie au delà du type normal, à savoir le désir d'augmenter la vitesse des trains joint à la nécessité d'accroître les dimensions et par suite le poids du matériel roulant en vue de la circulation dans le désert. Il faut, en effet, envisager la traversée du Sahara comme s'il s'agissait d'un voyage en mer, en ce sens que l'on aura à faire route au milieu de vastes solitudes et à couper d'immenses espaces absolument dépourvus de ressources. Il est vrai qu'au lieu de naviguer sur les flots on cheminera sur la terre ferme, mais ce n'en sera pas moins le passage d'un océan, océan de sables, de dunes et de rochers dont l'Algérie et le Soudan forment les rivages.

Le système des communications demande à être organisé en conséquence. On devra se mettre en mesure de lancer les convois

à une allure très rapide afin de réduire autant que possible la durée d'un trajet que le climat, les fortes chaleurs tendront à rendre extrêmement pénible. D'autre part, et pour atténuer en même temps ce dernier inconvénient, il sera obligatoire d'étudier l'installation des trains en vue des longues marches sous un soleil de feu et de calculer les approvisionnements à emporter chaque fois de telle façon qu'ils suffisent, en principe, à alimenter la consommation pendant toute la période du voyage. Car, si l'itinéraire comporte des arrêts à des oasis et à des centres d'une certaine importance, arrêts que l'on pourrait, en continuant le parallèle, comparer à des escales, il saute aux yeux que ce n'est qu'aux points extrêmes, assimilés à des ports d'attache, que se trouveront les moyens permettant de constituer les stocks dont on aura besoin.

A passer en revue les facteurs qui forment les variables indépendantes dont la vitesse de circulation est une fonction, on reconnaît que si l'on veut porter celle-ci au maximum pratique, aucune considération ne force à se servir pour ceux-là de données incompatibles avec la voie normale. Cette observation s'applique tant aux éléments du tracé en plan et en profil qu'à la résistance des rails et à la puissance de la traction, sous la réserve, par rapport à cette dernière, de s'en tenir à la vapeur comme force motrice. Mais c'est là précisément un point sur lequel il convient de ne pas se prononcer sans un examen approfondi. Se borner dans les pays chauds à suivre exactement les systèmes d'exploitation qui se sont développés en Europe et aux États-Unis, c'est-à-dire dans les climats tempérés, ne laisse pas que de paraître une solution assez peu rationnelle. Néanmoins, on n'a guère fait autre chose jusqu'à ce jour, et même en Asie centrale les Russes n'ont introduit aucune innovation essentielle à cet égard, le remplacement de la houille par le pétrole n'influant en rien sur la nature de l'agent moteur. Or, ne serait-il pas préférable, sinon nécessaire, de changer celui-ci, et ne faudrait-il pas tenter de substituer l'électricité à la vapeur? La question, ainsi posée, semble devoir être tranchée dans le sens de l'affirmative, mais on ne saurait se dissimuler que le succès de cette entreprise entraînera une véritable révolution dans les services de la traction. En effet, la construction des machines locomotives et les installations destinées à assurer leur alimentation subiront forcément un remaniement complet, et comme il y aura lieu, en outre, de protéger les appareils moteurs contre l'action des sables et de la poussière soulevée par les vents du désert, il est permis de se demander si l'on ne se

verra pas contraint d'augmenter la largeur du châssis des locomotives, ce qui conduirait inévitablement à un accroissement correspondant de l'écartement des rails.

La transformation des wagons et surtout des voitures à voyageurs pourrait bien provoquer le même résultat. Les dispositions à adopter pour cette dernière catégorie du matériel roulant doivent être étudiées non seulement en vue du climat, mais encore en tenant compte des besoins et des habitudes de ceux qui sont appelés à s'en servir. Or, comme le Transsaharien ne traverse que des pays arabes et berbères pour aboutir au Soudan, il importe de ne négliger aucune mesure pouvant amener les indigènes à faire usage du nouveau mode de transport qui leur sera offert. En conséquence, il faudra accorder aux mœurs et aux coutumes musulmanes toutes les satisfactions compatibles avec le fonctionnement régulier des services du chemin de fer et, chose essentielle, s'appliquer à ne blesser en rien les croyances religieuses de l'Islam L'intérêt qui s'attache à ce dernier point ne saurait être exagéré, et c'est pour en avoir compris la portée capitale que le général Annenkoff réussit peu à peu à populariser, si l'on peut ainsi dire, parmi les tribus de l'Asie centrale les voyages sur la voie ferrée. Réserver aux femmes des wagons spéciaux et entièrement fermés ; aménager ceux ouverts aux hommes de façon à permettre aux fidèles de procéder aux ablutions prescrites par le Coran ; disposer une ou plusieurs voitures en vue des cérémonies de la prière ; créer des installations correspondantes dans les gares fréquentées ; voilà les moyens dont l'application assurera le succès du Transsaharien auprès des peuplades africaines. Mais si l'on entre dans cet ordre d'idées, la construction de voitures très spacieuses s'impose et, dès lors, il semble au moins imprudent d'affirmer *a priori* qu'on ne se trouvera pas emprisonné dans des limites trop étroites en maintenant pour les rails l'écartement de 1,45 *m.* La même question se présente, d'ailleurs, par rapport aux wagons-lits et aux wagons-salons qu'il sera indispensable de faire circuler à l'intention des voyageurs appartenant aux nations civilisées, les types étudiés pour ces wagons en Europe et aux États-Unis ne répondant en aucune manière aux exigences d'un long trajet en pays chaud.

Les développements qui précèdent tendent à faire ressortir que l'on est loin d'être fixé, à l'heure actuelle, sur les conditions d'établissement définitives du Transsaharien. Il faudra encore de sérieuses études avant de pouvoir se prononcer à l'égard des dis-

positions à adopter en fin de compte ; la seule chose qu'il soit possible d'affirmer dès aujourd'hui, c'est qu'en tout état de cause leur réalisation entrainera des frais considérables et exigera sans aucun doute une centaine de mille francs par kilomètre. Or, d'une part, le temps fait absolument défaut pour se livrer à des recherches de longue haleine avant l'attaque des travaux de la ligne de Biskra à Tougourt et à Ouargla, l'exécution immédiate de celle-ci s'imposant en raison de la phase aiguë dans laquelle vient d'entrer la politique africaine. Et, d'autre part, il est indispensable de réduire à un minimum le coût des travaux, sous peine de les voir ajourner indéfiniment à la suite de l'insuffisance des ressources disponibles. Car il importe de ne pas se le dissimuler, la question financière prime aujourd'hui toutes les autres. On ne trouvera jamais les capitaux nécessaires à l'établissement de la ligne d'Ouargla, ni à plus forte raison du Transsaharien, si l'État ne leur accorde pas la garantie d'intérêt. Mais il ne paraît pas moins certain qu'eu égard à la situation budgétaire, ni le gouvernement ni les Chambres ne consentiront à engager le crédit de l'État s'il doit en résulter une charge annuelle considérable. D'où l'obligation de diminuer à tel point les dépenses de construction et les frais d'exploitation que la garantie ne soit appelée à fonctionner que dans des limites très restreintes et devienne même purement nominale dans un avenir rapproché. Ces considérations ne laissent subsister aucun doute sur le parti à prendre : il faudra commencer par l'exécution, à titre provisoire, d'une ligne franchement économique et à voie très étroite dont le coût kilométrique ne dépasse pas 45 000 *f.*

En effet, voici l'alternative en face de laquelle on se trouve placée : ou bien se contenter, pour la mise en train de l'entreprise, d'un chemin de fer du système Decauville qui, sans remplir tous les *desiderata*, peut répondre aux premiers besoins ; ou bien se résigner à un ajournement renvoyant l'ouverture de la période d'exécution à l'époque indéterminée où les exigences budgétaires n'empêcheront plus de réaliser intégralement, dès le début des travaux, les dispositions définitives résumées ci-dessus. Posée en ces termes, la question ne paraît pas difficile à trancher ; en présence des graves dangers auxquels tout nouveau retard exposerait l'avenir des intérêts français en Afrique, il faut sans hésitation se prononcer en faveur de la première solution.

On se trouve ainsi conduit à envisager le projet du Biskra-Tougourt-Ouargla sous un jour absolument nouveau. Il ne s'agit

plus, pour le moment, de savoir quel est, d'une manière absolue, le meilleur système à adopter pour la grande ligne du Sud, mais quel est celui, si incomplet soit-il en tant que transcontinental, qui permette pratiquement la réalisation rapide de l'entreprise. Dès lors, il paraît rationnel d'avoir recours à la voie très étroite, puisque l'expérience de l'Exposition universelle de 1889, où le Decauville a brillamment fait ses preuves, vient de mettre en lumière la possibilité d'organiser l'exploitation régulière sur un parcours de 400 *km* et plus, même en réduisant l'écartement des rails à 0,60 *m*. Devant un pareil résultat, on aurait tort de vouloir insister sur l'application de la largeur de 1 *m*. Celle-ci, d'ailleurs, comporte un chemin de fer du même type que celui à la voie normale; l'admettre, ce serait donc renoncer à toute idée de remplacement ultérieur par une voie plus large et accepter une solution relativement mauvaise sans aucune compensation, la diminution à obtenir sur le montant des dépenses ne s'élevant pas à un chiffre assez considérable pour déterminer la suppression des difficultés financières. Par contre, aux écartements de 0,60 et de 0,75 *m* correspond un type spécial de railways qui se résume en le système Decauville, et ce dernier peut être exécuté de suite à un prix kilométrique inférieur à 45 000 *f*. Or, en se basant sur les résultats de la première année d'exploitation de la ligne de Batna à Biskra (1), il ne semble pas téméraire d'affirmer qu'au taux précité le Biskra-Tougourt-Ouargla sera bien près de faire ses frais, c'est-à-dire ne se heurtera pas à des obstacles financiers. En même temps, il est évident qu'un tel système ne constitue pas une solution définitive pour une voie ferrée de plus de 200 *km* de longueur, et que la transformation ultérieure en ligne à voie large s'imposera au fur et à mesure du développement du trafic sur les sections successives.

Cette transformation pourra s'effectuer dans des conditions relativement faciles, la contrée peu accidentée qu'il s'agit de traverser permettant d'adopter dès l'origine un tracé dont tous les éléments soient étudiés en vue de l'établissement futur d'un grand chemin de fer. L'absence presque complète de terrassements et le nombre très restreint des ouvrages d'art rendront très simple et peu coûteux le remaniement de la plate-forme, surtout si l'on se sert d'une manière générale des ponts économiques Eiffel. Il n'y aura donc en définitive que la superstructure et le matériel roulant

(1) Environ 4 200 *f*. de recette kilométrique.

à renouveler, les bâtiments et les constructions nécessaires n'ayant à subir que des modifications de détail. Enfin, il convient de ne pas perdre de vue que le matériel remplacé, s'il se trouve encore en bon état de service, pourra recevoir une nouvelle destination et être affecté à la section du Transsaharien qui sera en cours d'exécution à l'époque où ce matériel deviendra disponible.

En résumé, comme le Biskra-Tougourt-Ouargla sera l'amorce de la ligne du Soudan central, il y a lieu de lui appliquer le type auquel on s'arrêtera pour cette dernière. Or, le chemin de fer du Sahara présentant le caractère d'un transcontinental, il ne pourra comporter dans sa forme définitive qu'une ligne de largeur normale ou bien à écartement supérieur à 1,45 *m*. Mais en attendant que des études ultérieures fournissent les éléments d'une décision à cet égard et que, d'autre part, la situation financière s'améliore suffisamment pour qu'il devienne possible de réaliser les dispositions définitivement adoptées, il faut trouver d'urgence une solution provisoire permettant de pousser sans retard le rail jusqu'à Ouargla et même au delà. En effet, le maintien et l'extension de l'influence française dans l'intérieur de l'Afrique dépendent avant tout de la prompte mise en train de l'entreprise du Transsaharien. En présence de cette situation, le seul parti à prendre consiste à établir d'abord le Biskra-Tougourt-Ouargla dans des conditions franchement économiques. C'est ainsi qu'on se voit conduit à l'application temporaire de la voie très étroite de 0,75 *m*, celle-ci devant être remplacée plus tard par la voie large telle qu'elle sera finalement définie dans le projet des dispositions permanentes à prévoir pour le chemin de fer du Soudan Central.

LES TRAITÉS DE COMMERCE ET LEUR RENOUVELLEMENT

PAR

M. Emile BERT

La question des traités de commerce est celle qui intéresse le plus, en ce moment, le monde industriel et commercial. Bien que ce sujet soit un peu étranger à ceux qui font d'ordinaire l'objet de vos discussions, il n'est cependant pas un membre de la Société pour lequel cette grave question soit tout à fait indifférente ; aussi me suis-je permis de venir vous en entretenir quelques instants en la considérant à un point de vue général.

Je serai heureux ensuite d'écouter les observations que pourront présenter des collègues plus autorisés.

Il ne s'agit ici ni de libre-échange ni de protection ; j'examinerai seulement si le régime économique actuel est favorable ou non au développement de nos industries et à la prospérité de la France, faisant abstraction des intérêts particuliers, pour ne considérer que ce qui est conforme à l'intérêt général.

Depuis cinquante ans tout a bien changé, et, de même que les armements de la nation subissent de continuels perfectionnements, les lois qui régissent nos rapports internationaux devraient aussi être en progrès sur les anciennes. La guerre commerciale n'est-elle pas plus redoutable que la guerre étrangère? les désastres causés par la seconde ne se réparent-ils pas plus vite que ceux qu'occasionne la première ?

Je commencerai par exposer rapidement les divers systèmes économiques qui se sont succédé chez nous depuis un siècle.

L'unité du tarif général des douanes de la France ne date que de la loi du 5 novembre 1790, qui a aboli tous les droits de traite à l'intérieur ; puis des lois des 15 mars et 22 août 1791, qui fixèrent les taxes à percevoir tant à l'entrée qu'à la sortie des marchandises. Antérieurement, les droits de douane n'étaient pas uniformément appliqués dans toute l'étend ue du pays ; les uns étaient

perçus aux frontières du royaume, les autres dans l'intérieur et sur les limites de certaines provinces.

Si l'on considère dans son ensemble la législation douanière établie par l'Assemblée constituante, on remarque que les marchandises importées de l'étranger n'étaient soumises qu'à des taxes modérées. Mais, si le régime à l'entrée des marchandises étrangères était libéral, le régime à la sortie des produits français était des plus restrictifs.

Le but poursuivi par le législateur de cette époque était de réserver exclusivement aux fabriques françaises les produits bruts ou demi-fabriqués nécessaires à l'alimentation de nos industries. Dans l'intérêt des établissements métallurgiques, notamment, tous les minerais ainsi que les combustibles (houille, charbon de bois, etc.), étaient frappés de prohibition à leur sortie de France. De même pour les industries textiles : l'exportation de la laine, du lin, du chanvre, du phormium tenax, de l'abacca, de la soie et de la bourre de soie était absolument interdite.

L'exportation des céréales était également prohibée.

Le régime créé par la loi du 15 mars 1791 fut de courte durée. Une loi du 10 brumaire an V (31 octobre 1796), dirigée contre l'Angleterre, a frappé de prohibition absolue tous les produits réputés d'origine ou de fabrication anglaise; et comme il est très difficile, surtout lorsqu'il s'agit de produits fabriqués, de distinguer ou de constater leur véritable origine, la prohibition s'étendit à toutes les provenances. Puis on en vint, toujours pour atteindre le commerce anglais, à la mesure douanière connue sous le nom de « Blocus continental ».

Après le rétablissement de la paix qui suivit les guerres de la République et du Premier Empire, la prohibition générale édictée par la loi du 18 brumaire an V, fut érigée en principe économique; la loi du 28 avril 1816 (art. 6) donna même aux agents de la douane tout pouvoir pour rechercher à l'intérieur les marchandises d'origine suspecte, qui étaient confisquées lorsque l'origine étrangère en était établie; une amende égale à la valeur de la marchandise frappait le détenteur.

Les préoccupations du législateur de 1816 étaient d'abord de pourvoir aux nécessités financières en augmentant les ressources du Trésor par les recettes que pouvaient procurer les taxes à percevoir sur les marchandises étrangères importées en France, et ensuite, de donner satisfaction aux nouveaux intérêts de l'industrie et du commerce. Sauf le maintien des prohibitions établies

par la loi du 18 brumaire an V, le régime de 1816 était dans son ensemble très libéral, surtout si l'on considère qu'à cette époque, les idées protectionnistes prédominaient dans presque tous les États de l'Europe.

Les droits établis en 1816 à l'entrée des produits en France furent augmentés pour un certain nombre d'entre eux par plusieurs lois postérieures. Pour favoriser l'Agriculture, les céréales, admises à un droit unique de 0,50 *f* les 100 *kg* par la loi du 28 avril 1816, furent soumises au régime dit « de l'échelle mobile » (loi du 20 juillet 1819), c'est-à-dire à une taxe plus ou moins élevée suivant que la valeur des céréales récoltées en France, s'abaissait ou s'élevait elle-même. Dès que la rareté des céréales s'accusait, on suspendait l'application des taxes et l'on ouvrait toutes les portes aux céréales étrangères.

Après la chute de la Restauration, notre système économique fut remanié par deux lois importantes : l'une du 9, l'autre du 27 février 1832; la première ouvrait nos frontières de terre et de mer au transit des marchandises prohibées, l'autre ouvrait nos entrepôts réels des douanes à l'emmagasinage des mêmes marchandises.

Ces deux lois n'étaient que le prélude des modifications considérables qui furent introduites dans notre législation douanière par les lois des 2 et 5 juillet 1836.

Le gouvernement de cette époque fit procéder à une enquête sur les modifications à apporter à notre système douanier. La plupart des Chambres de Commerce se déclarèrent contre tout changement; quelques-unes seulement se prononcèrent en faveur d'une réforme complète de notre système douanier en demandant un abaissement successif de nos taxes.

La loi du 2 juillet 1836 a fait disparaître non seulement la généralité des prohibitions qui atteignaient certains de nos produits à leur exportation, mais encore elle a modéré dans une large mesure les taxes de sortie.

Quant à la loi du 5 juillet 1836, elle a apporté quelques modifications de droits à l'égard d'un certain nombre de produits et de matières nécessaires à nos industries. La plus importante de ses dispositions est celle qui concerne les admissions temporaires de produits étrangers destinés à être fabriqués ou à recevoir en France des façons complémentaires, car elle forme encore la base de notre législation actuelle sur ce point.

L'admission temporaire consiste à permettre l'entrée en France,

sans payer de droits, de certaines marchandises (ordinairement des produits bruts), moyennant l'engagement pris sous caution *(acquit-à-caution)* de les réexporter dans un délai déterminé, après avoir reçu un complément de main-d'œuvre.

Les admissions temporaires peuvent rompre, dans de notables proportions, l'équilibre normal établi entre les industries par le tarif général. Il en peut résulter que la protection, jugée nécessaire à telle industrie, lui soit indirectement enlevée, tandis que telle autre se trouvera doublement protégée. Par exemple, l'admission en franchise des fers anglais procure à meilleur compte aux constructeurs de machines français, la matière première qu'ils seraient obligés de demander autrement à nos établissements métallurgiques. D'autre part, ceux-ci se voient enlever une partie de la protection que leur assurait le tarif, car les fers destinés à la réexportation font concurrence à nos établissements métallurgiques pour toutes les demandes de l'étranger, et déterminent un abaissement de prix. Mais si la métallurgie est sacrifiée, les constructeurs de machines sont doublement favorisés; d'abord par la franchise des importations et, ensuite, par les droits à l'importation sur les machines de fabrication étrangère.

La perturbation est surtout très grande si l'on se contente de la réexportation à *l'équivalent* au lieu d'exiger la réexportation à *l'identique*.

Dans la pensée du législateur de 1836, les introductions devaient être restreintes et subordonnées au régime de l'identité, c'est-à-dire que les produits n'étaient admis en franchise qu'à la condition d'être réexpédiés eux-mêmes après complément de main-d'œuvre en France. Mais, à mesure que l'industrie s'est développée, on a franchi les limites de l'interprétation rigoureuse de la loi de 1836 (art. 5) et l'on en est arrivé au système de la réexportation par équivalent, c'est-à-dire que les produits étrangers peuvent rester définitivement dans la consommation intérieure et être remplacés, à l'exportation, par une égale quantité de produits similaires de provenance française à un degré de fabrication plus avancé; ce système fut consacré par le décret du 15 février 1862. Il en est résulté que les importateurs ont pu introduire en France des produits venus de l'étranger, sans être obligés de les transporter à l'usine et de les travailler, à la seule condition de réexporter une quantité équivalente de matières, qui peuvent être essentiellement différentes de celles qui ont été introduites.

Puis on en est arrivé au trafic des acquits-à-caution.

Il est peu de dispositions douanières qui aient donné lieu à autant de réclamations que celle que je viens d'indiquer.

A l'égard des blés, il fut un temps où l'on importait à Marseille des blés et où l'on exportait par le nord des farines. Le trafic des acquits-à-caution nuisait à la fois au Trésor et à notre agriculture, on y remédia en obligeant les importateurs de blés à ne faire sortir leurs farines que dans le rayon même de la direction des douanes où s'était effectuée l'importation du blé (décret du 18 octobre 1873).

Des réclamations fort nombreuses aussi ont été présentées contre le système de l'équivalent par l'industrie métallurgique et, particulièrement, par les établissements placés dans un rayon accessible aux importations étrangères. Pour leur donner satisfaction, un décret du 9 janvier 1870 a subordonné l'admission des fers et aciers placés sous le régime de l'admission temporaire, à la condition d'être conduits dans l'usine même qui en avait demandé l'importation. La même disposition a été appliquée aux fontes d'affinage par le décret du 24 janvier 1888.

Les admissions temporaires des tissus de coton destinés à être teints ou imprimés pour l'exportation, autorisées par décret du 13 février 1861, furent supprimées par un décret du 9 juin 1872, sur la plainte des filateurs et des tisseurs de Normandie et des Vosges.

Si je me suis un peu étendu sur cette question des admissions temporaires, c'est à cause de son importance et des nombreuses discussions qu'elle a motivées encore tout récemment; mais revenons au tarif général des douanes.

Une loi du 6 mai 1841 a diminué les tarifs concernant les houilles et quelques autres produits. La même loi a levé les prohibitions sur les fils de laine longue peignée retors à deux bouts.

Après 1841, un revirement vers la protection s'est manifesté.

L'industrie du lin et du chanvre, effrayée par le développement des importations des fils et toiles de lin et de chanvre d'origine anglaise, réclamait énergiquement un supplément de protection. Le gouvernement du roi Louis-Philippe, reconnaissant qu'il y avait une sorte d'invasion des produits en question, donna satisfaction aux industriels français. Une ordonnance du 26 juin 1842 doubla les droits afférents aux fils de lin et de chanvre d'origine étrangère, et reporta sur les tissus l'augmentation ainsi accordée aux fils.

Le gouvernement de juillet donnait ainsi satisfaction à une

industrie qui se trouvait en pleine voie de transformation. En effet, l'invention de Philippe-de-Girard permettait de filer mécaniquement le lin et le chanvre, de même que la laine et le coton. Mais, comme cela n'est arrivé que trop souvent à l'égard des inventions qui ont pris naissance en France, les procédés inventés pour la filature du lin et du chanvre ont d'abord été mis en pratique par l'Angleterre, qui jouissait ainsi d'une supériorité industrielle incontestable. Aussi, pour la conserver, le gouvernement anglais avait prohibé la sortie de toute machine destinée à la filature du lin et du chanvre, et ce n'est qu'à grand' peine et avec des sacrifices pécuniaires considérables que l'industrie du lin et du chanvre, en France, avait pu se procurer les instruments de son travail : de là, l'infériorité relative des produits français.

La faveur accordée par le gouvernement à l'industrie linière, réveilla les prétentions de nos diverses industries agricoles et manufacturières qui réclamèrent une protection plus énergique.

Les lois des 9 et 11 juin 1845 qui sont, en matière de douane, les dernières du règne de Louis-Philippe, leur donnèrent satisfaction dans une certaine mesure.

Le régime de la protection était l'objet d'une faveur marquée dans les dernières années de la monarchie de Juillet; on redoutait pour l'industrie et l'agriculture, les théories soutenues par les partisans du libre-échange qui étaient encore peu nombreux.

Lorsqu'éclata la Révolution de février 1848, divers projets de loi concernant les douanes étaient soumis au Parlement, mais ils n'eurent point de suite, et il nous faut aller jusqu'à 1853 pour trouver une nouvelle modification à notre régime douanier.

Après l'Exposition de Londres, en 1851, où la France avait figuré avec honneur et remporté de nombreuses récompenses, les principes du libre-échange, ou tout au moins d'une protection modérée, étaient accueillis avec une certaine faveur. — Par des décrets rendus en 1853, 1854 et 1855, convertis plus tard en lois (lois des 28 janvier 1856 et 18 avril 1857), le gouvernement diminua notablement les taxes à l'entrée en France sur plusieurs matières premières : les droits sur les fers furent réduits à 12 *f* (décret du 22 novembre 1853); pour le coton, on alla jusqu'à l'exemption.

Ces mesures n'étaient que le prélude des réformes économiques que le gouvernement allait entreprendre. Le Corps législatif fut saisi, le 9 juin 1856, d'un projet de loi portant retrait des prohibitions inscrites dans le tarif des douanes et leur remplacement

par des droits représentant 30 à 35 0/0 de la valeur des produits. Ce projet de loi provoqua une vive émotion parmi la plupart de nos industries et le parti de la protection fut suffisamment puissant pour faire échouer les mesures proposées.

Mais, quelques années plus tard, le pouvoir législatif fut brusquement placé en face d'un fait accompli : le traité de libre-échange avec l'Angleterre.

Par une lettre impériale du 5 janvier 1860, le gouvernement exprima d'abord sa volonté de supprimer les prohibitions, les droits sur la laine et les cotons, de réduire les droits sur les sucres et de conclure des traités de commerce avec les nations étrangères. Puis, peu de temps après, il fit connaître le traité signé avec l'Angleterre le 23 janvier, à la suite de négociations tenues dans le plus grand secret.

Le traité de 1860 n'était qu'un traité de principe : les prohibitions à l'importation des marchandises anglaises étaient remplacées par une taxe ne pouvant dépasser 30 0/0 *ad valorem*, mais la taxation établie par les conventions définitives fut bien inférieure à ce maximum de 30 0/0.

Vint ensuite la loi du 7 mai 1860, qui abolit tous les droits sur les marchandises premières, et celle du 23 mai 1860 qui abaissait, dans une mesure considérable, les taxes sur un grand nombre de produits.

Quelques mois plus tard, une loi (1er août 1860) dont on s'était exagéré la portée et l'utilité, mais qui avait été inspirée par le désir de venir en aide à la petite industrie, mit à la disposition du gouvernement une somme de 40 millions destinée à faire des prêts aux industriels dont les capitaux étaient insuffisants pour le renouvellement de leur outillage.

Le traité de 1860 fut suivi, de 1861 à 1866, d'une série d'autres conventions inspirées par le même esprit de liberté commerciale : Belgique 1861, Zollverein 1862, Italie 1862, Suisse 1864, Suède et Norvège, Pays-Bas, Espagne, 1865, Portugal, Autriche, 1866.

Une révolution si soudaine, des changements si considérables introduits brusquement, sans préparation, sans transition, dans l'ensemble de notre régime économique, ne pouvaient être réalisés sans de cruelles souffrances, de douloureuses catastrophes et d'amères récriminations; ni les unes ni les autres ne manquèrent à la réforme de 1860.

En envisageant le résultat au point de vue général, peut-on dire que les mesures prises en 1860 ont exercé sur la prospérité

du pays une influence heureuse? Le développement de notre industrie et de notre commerce n'est-il pas dû plutôt aux progrès qui ont révolutionné l'industrie de cette époque? — Les machines, actuellement si perfectionnées, commençaient à peine à se produire; l'insuffisance des voies et des moyens de communication, aujourd'hui si rapides et si faciles, opposait de véritables obstacles à l'activité humaine.

Les doléances de l'industrie furent souvent portées devant le Corps législatif, sans grand succès. — En 1869, alors que le traité avec l'Angleterre approchait à son terme, le gouvernement se décida à procéder à une enquête qui paraissait devoir donner satisfaction sur un grand nombre de points aux réclamations qui s'étaient produites, mais elle fut interrompue par les funestes événements de 1870.

Après la paix, il y eut un grand mouvement de reprise dans les opérations industrielles et commerciales; il fallait reconstituer les stocks épuisés pendant la guerre. Le gouvernement pensa qu'il lui serait possible de demander à notre tarif des douanes une partie des ressources dont nous avions besoin et il proposa un projet de loi, connu sous le nom d'impôt sur les matières premières, qui devait procurer environ 200 millions de francs. — Après de longues discussions, consacrées à l'étude de ce projet, l'Assemblée nationale accepta cet impôt, mais il ne put être appliqué parce que l'Angleterre se refusa, comme d'autres puissances, à laisser relever les tarifs conventionnels dans la proportion des droits votés sur les matières premières. — Il fallut renoncer à cet impôt.

Par une loi du 2 février 1872, émanant de l'initiative parlementaire, l'Assemblée nationale, voulant permettre à la France de reprendre sa liberté d'action, demanda au gouvernement de dénoncer les traités de commerce en vigueur; mais, pour éviter l'application du tarif général de cette époque, la même loi portait que le tarif conventionnel resterait applicable jusqu'au vote d'un nouveau tarif des douanes.

Les Chambres de commerce furent consultées; un nouveau tarif, élaboré par le Conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie, fut présenté par le gouvernement à la Chambre des Députés le 9 février 1877. Les événements politiques en empêchèrent la discussion. Il fut repris l'année suivante et déposé à la Chambre le 21 janvier 1878.

Ce projet comportait de nombreuses réductions de tarifs puisque, sauf quelques modifications, il prenait pour limite supérieure

des tarifications à l'avenir les taxes qui avaient été considérées en 1860 comme la limite des réductions possibles, et cela, malgré le surcroît de charges qui avaient été imposées à l'industrie à la suite de nos malheurs. En outre, on modifia le mode de perception.

Dans la législation douanière antérieure à 1860, les droits inscrits au tarif général des douanes étaient spécifiques et fixés d'une manière arbitraire qui ne tenait pas compte de la valeur du produit sur lequel ils étaient perçus.

La convention conclue avec l'Angleterre prévoyait aussi l'établissement de droits spécifiques, mais avec cette restriction que les nouveaux droits ne devaient pas dépasser une proportion déterminée de la valeur des objets qu'ils étaient appelés à protéger.

Or, il arriva que quand il fallut traduire en chiffres cette règle de proportionnalité et l'appliquer aux produits, les négociateurs ne purent s'entendre. On édicta alors une série de taxes *ad valorem*, considérées à cette époque comme provisoires, car elles devaient être converties en droits spécifiques dans un délai de deux ans. Mais durant ce délai, on ne réussit pas mieux à se mettre d'accord; les taxes *ad valorem* furent maintenues et devinrent applicables à tous les pays qui se lièrent successivement avec nous par des traités de commerce.

Les taxes *ad valorem* sont en principe fort séduisantes : elles suivent toutes les fluctuations de prix de la marchandise, et atteignent par conséquent le produit suivant sa valeur. Mais là, comme en bien des circonstances, la pratique ne répond pas entièrement à la théorie. C'est précisément parce que les valeurs sont instables que les droits *ad valorem* font surgir dans l'application de nombreuses difficultés. — La fraude en profite et les déclarations de la valeur de tel ou tel objet présenté à l'importation, sont abaissées dans une proportion plus ou moins considérable au détriment du commerce honnête, qui est sincère dans ses déclarations, et de l'industrie qui ne trouve plus dans les traités de commerce la protection que l'on a voulu lui attribuer. — De plus, les perceptions à la valeur provoquent des contestations, des manutentions en douane qui emploient beaucoup de temps et conduisent à des expertises souvent très laborieuses, alors que les perceptions spécifiques n'exigent qu'un simple compte ou qu'une simple pesée.

Ces diverses considérations ont déterminé le gouvernement à proposer, en 1878, de remplacer les droits *ad valorem* par des droits spécifiques qui ne sont cependant pas exempts d'inconvé-

nients. Ces droits ne pouvant reposer que sur des moyennes ont, en effet, un inconvénient sérieux, celui de grever la marchandise commune et celui de dégrever la marchandise fine, celle de la plus grande valeur. Mais, en retour, ils ont l'avantage de donner à l'industrie toute la protection promise ; de plus, quand ils sont convenablement établis, ils facilitent les opérations du commerce qui sait à l'avance ce qu'il devra payer et peut combiner sûrement ses opérations.

Ces considérations ont conduit les principaux États, notamment l'Allemagne, l'Autriche et même l'Angleterre, à baser leurs législations douanières sur les droits spécifiques.

Sous l'influence de l'épouvantable crise économique dont les premières atteintes se firent sentir en 1876, qui devint plus intense encore en 1877 et depuis n'a fait que prendre des proportions plus inquiétantes, les principes du libre-échange commençaient déjà à ne plus être autant en faveur ; néanmoins on était d'avis d'abandonner le tarif en vigueur vis-à-vis des nations non liées avec nous par des traités de commerce, et d'établir des droits modérés pour remplacer des droits prohibitifs ou élevés qui formaient à cette époque notre tarif général.

Après de longues et intéressantes discussions au Sénat et à la Chambre des Députés, le nouveau tarif général des douanes fut promulgué le 7 mai 1881. C'est la première fois que ce tarif a été l'objet d'une revision complète et d'ensemble depuis l'article 1er jusqu'au dernier ; les modifications antérieures n'avaient été que partielles.

Les droits sont relativement peu élevés ; on a voulu établir un tarif qui ne serait ni un tarif maximum, ni un tarif minimum, mais simplement suffisant pour préserver nos industries contre une inondation des produits étrangers, en laissant au gouvernement une liberté absolue pour arriver à la conclusion de nouveaux traités de commerce.

Les négociations engagées aboutirent avec tous les pays antérieurement liés avec la France, sauf avec l'Angleterre et l'Autriche-Hongrie. C'est ainsi que de nouvelles conventions furent signées avec la Belgique, l'Italie, le Portugal, la Suède et la Norvège, l'Espagne et la Suisse.

Ces traités de commerce, consacrant de nombreuses réductions susceptibles de jeter un certain trouble dans plusieurs industries, soulevèrent de vives réclamations dans le monde industriel et commercial, et un grand nombre de membres du Parlement ne

consentirent à les voter que pour sortir de l'état d'incertitude qui paralysait notre production.

Les négociations engagées à cette époque avec les Pays-Bas aboutirent aussi à une nouvelle convention, signée le 26 novembre 1881, et à laquelle la seconde Chambre des États généraux néerlandais refusa son approbation. Une seconde convention du 24 mars 1882 eut le même sort; c'est seulement le 18 avril 1884 que fut signé le traité de commerce qui nous lie aujourd'hui avec ce pays.

Avec l'Angleterre, l'entente ne put se faire sur la fixation des tarifs, les négociateurs anglais réclamaient le maintien des droits *ad valorem* que les négociateurs français voulaient remplacer par des droits spécifiques. Après la rupture définitive des négociations, le Gouvernement français pensa qu'en présence du régime douanier de l'Angleterre, qui est très libéral, il y avait intérêt pour nous à ne pas restreindre nos échanges avec ce pays par l'application immédiate du tarif général aux marchandises anglaises, tout en restant maîtres de nos tarifs pour le cas où le gouvernement britannique aggraverait le régime douanier auquel sont soumis les produits français à leur entrée en Angleterre. Dans ce but, il présenta au Parlement un projet de loi accordant à l'Angleterre le traitement de la nation la plus favorisée, sans réciprocité (loi du 27 février 1882). Le lendemain de la promulgation de cette loi, une convention fut signée entre la France et l'Angleterre, aux termes de laquelle chacun des pays accorde à l'autre le traitement de la nation la plus favorisée en ce qui concerne l'exercice du commerce et de l'industrie (les droits de douane étant réservés) et la jouissance des droits et exercices légaux.

Les mesures prohibitives que nous appliquons au bétail austro-hongrois pour préserver le bétail français des invasions de la peste bovine, rendirent également très laborieuse la conclusion d'un traité avec ce pays. Après des négociations souvent rompues et reprises, une convention ne portant également aucun tarif réduit, mais assurant simplement aux contractants le traitement de la nation la plus favorisée, fut signée le 18 février 1884.

Nos relations avec la Russie sont réglées par le traité du 1er avril 1874, et avec l'Allemagne par l'article 11 du traité de Francfort.

Le traité, conclu avec l'Italie, ayant été dénoncé par celle-ci le 1er janvier 1887, a cessé de produire ses effets à partir du 1er janvier 1888.

Diverses tentatives, en vue de la conclusion d'une nouvelle convention avec ce pays, n'ont point abouti, et, depuis, nous sommes régis, non seulement par le tarif général des douanes, mais il y a eu, en outre, des relèvements de tarifs pour les produits importés de chacun des pays dans l'autre.

Les traités qui nous lient aujourd'hui avec les principaux États sont donc :

PAYS	DATE DES TRAITÉS	DATE DES RATIFICATIONS	DATE DES ÉCHÉANCES	OBSERVATIONS
Belgique	31 octobre 1881	12 mai 1882	1er février 1892	Seuls pays avec lesquels la France a pris l'engagement de recevoir un certain nombre de marchandises à des droits réduits indiqués dans les tarifs annexés aux traités.
Portugal	19 décembre 1881 / 6 mai 1882	13 mai 1882	1er février 1892	
Suède et Norvège.	30 décembre 1881	12 mai 1882	1er février 1892	
Espagne.	6 février 1882	12 mai 1882	1er février 1892	
Suisse	23 février 1882	12 mai 1882	1er février 1892	
Pays-Bas	29 avril 1884	8 août 1885	1er février 1892	
Allemagne. . . .	10 mai 1871 art. 11 du traité de Francfort	»	Durée illimitée	
Angleterre . . .	Loi du 27 fév. 1882	»	»	
Autriche-Hongrie	18 février 1884	1er mars 1884	Sans fixation de durée. Cesse de produire ses effets 6 mois après la dénonciation.	Traitement de la nation la plus favorisée.
Russie	1er avril 1874	4 juillet 1874	Sans fixation de durée. Cesse de produire ses effets un an après la dénonciation.	

Une clause générale insérée dans chaque traité stipule que les pays contractants se concèdent mutuellement le bénéfice de toutes les réductions de tarifs, de tous les avantages qu'ils pourraient consentir à des tiers, en sorte que notre tarif conventionnel, applicable à tous les pays avec lesquels nous avons des conventions, se trouve formé par l'ensemble des taxes réduites portées dans chacun des traités pris isolément et des articles du tarif général des douanes n'ayant pas subi de modifications.

Cette clause a été l'objet de nombreuses critiques; elle est, en effet, la cause de modifications constantes, et rend illusoire la stabilité que les traités ont pour but de donner au commerce. Il n'y a eu en effet aucune stabilité par suite de cette raison que l'on n'a pas un traité unique pour toutes les nations, mais bien autant de traités qu'il y a de nations et chaque négociation emporte avec

elle des concessions nouvelles qui, en vertu de la dite clause, modifie les arrangements antérieurs. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, le droit sur les vins qui est de 4,50 *f* par hectolitre d'après le tarif général de 1881 fut abaissé à 3 *f* par le traité avec l'Italie et à 2 *f* par notre traité avec l'Espagne. La série des négociations commerciales se poursuivant continuellement, on n'est jamais assuré de la fixation d'un régime stable.

Outre les traités que je viens d'énumérer, nous en avons un grand nombre d'autres conclus avec les nations moins importantes à des époques diverses et qui expirent à des dates plus ou moins éloignées.

Aucun de ces traités ne contient de réduction de droits d'entrée en France pour des produits spécialement désignés; ils ne comportent que la clause de la nation la plus favorisée.

La question de la dénonciation des traités de commerce se pose donc particulièrement à l'égard de ceux qui nous régissent avec la Belgique, le Portugal, la Suède-Norvège, l'Espagne, la Suisse et les Pays-Bas, et qui, combinés avec le tarif des douanes, forment dans leur ensemble notre tarif conventionnel.

Tant que de nouveaux traités, contenant des réductions de droits sur notre tarif général des douanes, ne seront pas établis, les traités ne portant que la clause de la nation la plus favorisée cesseront de donner droit à des réductions de tarifs. Et notamment l'article 11 du traité de Francfort, régissant nos relations avec l'Allemagne, qui a donné lieu à tant de récriminations, ne nous nuirait plus en rien si des concessions douanières ne sont pas faites à d'autres puissances, puisqu'aucune nation n'étant plus favorisée d'une façon spéciale par aucun traité, l'Allemagne serait elle-même soumise à notre tarif général.

Les six traités que je viens d'énumérer cesseront de produire leurs effets le 1er février 1892, s'ils sont dénoncés douze mois avant cette date. Devons-nous le faire? Telle est la question qui se pose actuellement.

Le Gouvernement s'en est déjà préoccupé. Il a réuni, à la date du 12 décembre dernier, le Conseil supérieur du commerce et de l'industrie, qui n'avait pas fonctionné depuis plusieurs années; et celui-ci, après une discussion importante, a rédigé un questionnaire qui a été adressé aux Chambres de commerce, aux Syndicats, etc... Il comprend huit questions principales se subdivisant

elles-mêmes en un plus grand nombre : les unes générales, les autres particulières à une région ou à un genre d'industrie (1).

Nous ne nous occuperons que de la troisième question :

Y a-t-il lieu de dénoncer les traités existants?

S'ils sont dénoncés, comment les remplacer?

Avant de se prononcer sur ce point, il nous faut examiner quels ont été les effets des traités de commerce, sous le régime desquels nous vivons depuis 1860.

Le but des conventions de 1860 et 1882 était d'ouvrir des débouchés nouveaux aux produits des industries françaises et

(1) Questionnaire adopté par le Conseil supérieur du commerce et de l'industrie dans sa séance du 18 décembre 1889.

1re question. — Quelle est la situation présente de chacune des branches d'industrie et de commerce de votre circonscription?

Quelles sont les causes générales de cette situation?

Quelle est la part d'influence sur la production, la consommation intérieure et le commerce avec l'étranger, qu'il convient d'assigner au régime économique inauguré en 1860?

2e question. — Dans quels pays s'exportent vos produits?

Exportez-vous directement ou par l'intermédiaire de commissionnaires français ou étrangers?

De quels pays s'importent les produits similaires?

Quelles sont les causes de cette importation?

Quelle est l'importance de vos exportations, et dans quelle proportion entrent-elles dans votre production totale?

Quelle est l'importance de l'importation des produits similaires étrangers?

Quelles variations ces exportations et ces importations ont-elles subies depuis l'inauguration du régime économique actuel?

Quelles sont les causes de ces variations?

3e question. — Êtes-vous d'avis qu'il y a lieu de dénoncer les traités existants?

S'ils sont dénoncés, comment les remplacer?

Pensez-vous qu'on doive négocier avec les pays qui nous accorderaient des avantages corrélatifs, des arrangements nouveaux, soit sur la base des anciens traités à long terme, soit sur celle de conventions commerciales qui auraient une durée moindre et la même date d'échéance?

Pensez-vous, au contraire, que l'État doive conserver la pleine liberté de ses tarifs, et qu'il doive établir soit un tarif général unique applicable à tous les pays étrangers sans distinction, soit un double tarif : le premier *minimum* à l'égard des pays qui nous accorderaient des avantages corrélatifs, le second *maximum* à l'égard des autres?

Comment comprendriez-vous le fonctionnement de ce dernier système?

4e question. — Demandez-vous qu'on modifie le tarif général des douanes, soit en ce qui touche le taux des droits, soit en ce qui touche leur classification?

Quelles sont les modifications que vous réclamez et pour quelles raisons les réclamez-vous?

5e question. — Quelles sont les matières premières que vous employez pour votre industrie?

D'où les recevez-vous?

Quelles seraient, pour vous, les conséquences d'un droit qui frapperait les matières premières venant de l'étranger?

Par quel système (drawback, admission temporaire ou tout autre moyen), vous paraîtrait-il possible d'empêcher que ce droit, s'il était établi, n'entravât votre exportation?

6e question. — Quel serait le régime douanier qu'il conviendrait d'appliquer aux colonies?

7e question. — Parmi les tarifs de nos Compagnies de chemin de fer, en est-il qui favorisent, à votre détriment, la concurrence étrangère?

Quels sont-ils?

8e question. — Le régime économique actuel a-t-il été, ou non, profitable à la marine marchande et aux ports de commerce?

aux produits agricoles. Si nous nous plaçons en présence de la réalité, que voyons-nous? Le pays a-t-il trouvé dans ces conventions tous les avantages qu'on lui avait fait espérer? N'y a-t-il pas trouvé, au contraire, d'amères déceptions? Les importations ont augmenté dans des proportions considérables, tandis que les exportations se sont réduites dans des proportions énormes.

Ce qui prouve qu'il ne faut pas attribuer aux traités de commerce de 1860 le développement incontestable et incontesté de notre richesse depuis cette époque, c'est que le même mouvement s'est accompli chez tous les peuples libre-échangistes ou protectionnistes. En effet, il est certain que nos échanges ont augmenté, mais non pas autant qu'on le croit généralement.

La comparaison entre les chiffres d'avant et d'après 1860 à l'importation et à l'exportation, est assez difficile à établir. Car, jusqu'en 1860, le commerce spécial a été l'expression presque absolue de l'importation des produits étrangers nécessaires à la consommation française et de l'exportation des produits du sol ou de l'industrie nationale. Mais, à partir de ce moment, les marchandises qui ne figuraient auparavant qu'au commerce général ont été, par suite des modifications de tarifs, portées à la fois au commerce général et au commerce spécial. Les traités ou les lois de douanes ayant supprimé les taxes d'entrée sur ces marchandises, les importateurs les ont déclarées en totalité pour la consommation, sans distinction entre celles qui devaient rester à l'intérieur et celles qui devaient revenir à l'étranger. Le commerce spécial d'importation, résumant ces déclarations, s'est trouvé de la sorte grossi d'opérations qui, jusqu'en 1860, n'étaient relevées qu'au commerce d'entrepôt ou de transit, et il en a été de même pour le commerce spécial d'exportation.

Il y a lieu également de remarquer que beaucoup de fabrications qui, jusqu'en 1860, étaient, ou prohibées à titre absolu, ou frappées de droits prohibitifs, ont pu en vertu des traités, être importées pour notre consommation. Tandis que précédemment nos exportations d'objets fabriqués représentaient l'excédent de la production sur les besoins de la consommation intérieure, une partie de ces exportations n'a été, depuis 1860, que l'équivalent des marchandises étrangères qui remplaçaient nos produits sur notre marché. Ainsi s'expliquent les gros chiffres obtenus à l'entrée et à la sortie à partir de 1860 en ce qui concerne le commerce spécial, mais ces chiffres sont fictifs.

Quand on examine le mouvement de notre commerce international, on remarque que nos exportations et importations qui ne progressaient que lentement de 1827 à 1848, avant la création des chemins de fer, de la grande navigation à vapeur et l'amélioration de tous les moyens de transport, se sont brusquement élevées de 1848 à 1859 dans des proportions énormes (voir le graphique, pl. 2).

COMMERCE INTERNATIONAL DE LA FRANCE

Relevé du total des exportations et importations de 1827 à 1889

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES	
			IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	414	507	»	93
1828	454	511	»	57
1829	483	505	»	22
1830	489	453	36	»
1831	374	456	»	82
1832	505	507	»	2
1833	491	560	»	69
1834	504	510	»	6
1835	520	578	»	58
1836	565	628	»	63
1837	569	515	54	»
1838	656	659	»	3
1839	651	677	»	26
1840	747	695	52	»
1841	804	761	43	»
1842	847	644	203	»
1843	846	687	159	»
1844	868	790	78	»
1845	856	848	8	»
1846	920	852	68	»
1847	956	720	236	»
1848	474	690	»	216
1849	724	938	»	214
1850	791	1 068	»	277
1851	765	1 158	»	393
1852	989	1 257	»	268
1853	1 196	1 542	»	346
1854	1 292	1 414	»	122
1855	1 594	1 558	36	»
1856	1 990	1 893	97	»
1857	1 873	1 866	7	»
1858	1 563	1 887	»	324
1859	1 641	2 266	»	625
1860	1 897	2 277	»	380
1861	2 442	1 926	516	»
1862	2 199	2 243	»	44
1863	2 426	2 643	»	217
1864	2 528	2 924	»	396
1865	2 642	3 088	»	446
1866	2 794	3 181	»	387
1867	3 027	2 826	201	»
1868	3 304	2 790	514	»
1869	3 153	3 075	78	»
1870	2 867	2 802	65	»
1871	3 567	2 873	694	»
1872	3 570	3 762	»	192
1873	3 555	3 787	»	232
1874	3 508	3 701	»	193
1875	3 537	3 873	»	336
1876	3 988	3 576	412	»
1877	3 670	3 436	234	»
1878	4 176	3 180	996	»
1879	4 595	3 231	1 364	»
1880	5 033	3 468	1 565	»
1881	4 864	3 561	1 303	»
1882	4 822	3 574	1 248	»
1883	4 804	3 452	1 352	»
1884	4 344	3 233	1 111	»
1885	4 088	3 088	1 000	»
1886	4 208	3 249	959	»
1887	4 026	3 247	779	»
1888	4 107	3 247	860	»
1889	4 175	3 609	566	»

Les importations, qui n'étaient que de 474 millions en 1848, se sont élevées à 1 641 millions en 1859, alors que les exportations allaient de 690 à 2 266 millions. Le total des importations a été de 14 892 millions pendant cette période de douze ans, et celui des exportations de 17 529 millions, soit une moyenne annuelle de 1 241 millions pour les importations et de 1 461 millions pour les exportations. Pendant cette période, l'excédant des exportations sur les importations a été de 2 637 millions.

Si l'on considère notre commerce international pendant une même période de douze années (en négligeant l'année 1870), à partir de l'établissement des traités de commerce, on remarque que :

Les importations qui étaient de 1 897 millions en 1860, se sont élevées à 3 570 millions en 1872, et les exportations de 2 277 millions à 3 762 millions. Le total des importations a été de 33 549 millions pendant ces douze années et celui des exportations de 33 milliards 608 millions; soit une moyenne annuelle de 2 816 millions pour les importations et de 2 801 millions pour les exportations. Pendant cette période, l'excédant des exportations sur les importations est bien inférieur à celui de la période précédente : il n'est plus que de 59 millions.

De 1873 à 1884, les importations ont crû de 3 555 millions à 4 344 millions, tandis que les exportations s'abaissaient de 3 milliards 787 millions à 3 233 millions. Le total des importations a été de 50 896 millions ou de 4 241 par an; celui des exportations de 42 072 millions ou de 3 506 millions par an.

Dans la période précédente, l'excès des exportations sur les importations s'était considérablement abaissé; maintenant le résultat est inverse, ce sont les importations qui surpassent les exportations de 8 824 millions; alors apparaît avec toutes ses conséquences la crise industrielle et agricole que nous subissons encore aujourd'hui.

De 1885 à 1889, l'écart entre les exportations et les importations tend à diminuer, mais il est encore très élevé. Pour ces cinq années, le total des exportations est de 16 440 millions et celui des importations de 20 604 millions, soit un écart de 4 164 millions en faveur des importations.

Lorsque l'on examine la question qui nous occupe en ce moment, on sépare souvent et bien à tort, l'agriculture de l'industrie. Sans vouloir suivre cette méthode, j'ai indiqué ci-après (voir aussi pl. 2) le relevé des exportations et importations des grains et farines de 1827 à 1889.

Relevé des exportations et importations des grains et farines de froment, épeautre, méteil, seigle, avoine, orge, maïs et sarrazin, de 1827 à 1889.

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES	
			IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	millions et centaines de mille		millions et centaines de mille	
1827	0.9	5.7	»	4.8
1828	25.3	2.9	22.4	»
1829	39.9	3.0	36.9	»
1830	44.7	1.6	43.1	»
1831	23.2	4.2	39.0	»
1832	91.1	3.5	87.6	»
1833	0.3	3.7	»	3.4
1834	0 0	3.8	»	3.8
1835	0.1	4.3	»	4.2
1836	0.4	5.3	»	4.9
1837	5.8	6.8	»	1.0
1838	3.4	10.7	»	7.3
1839	23.7	17.5	6.2	»
1840	47.1	4.6	42.5	»
1841	3.5	16.6	»	13.1
1842	13.0	18.8	»	5.8
1843	42.3	5.6	36.7	»
1844	50.8	6.6	44.2	»
1845	15.5	13.0	2.5	»
1846	99.7	6.6	93.1	»
1847	209.0	4 5	204.5	»
1848	24.4	36.5	»	12.1
1849	0.0	51.2	»	51.2
1850	0.0	69.0	»	69.0
1851	1.5	89.6	»	88.1
1852	4.5	61.5	»	57.0
1853	108.7	100.1	8.6	»
1854	161.5	7.8	153.7	»
1855	122.7	6.2	116.5	»
1856	303.2	7.6	295.6	»
1857	116.0	10.2	105.8	»
1858	46.2	128.6	»	82.4
1859	37.6	351.7	»	314.1
1860	22.2	119.8	»	97.6
1861	389.9	33.8	356.1	»
1862	157.4	41.6	115.8	»
1863	52.9	48.0	4.9	»
1864	23.1	55.7	»	32.6
1865	18.2	117.7	»	99.5
1866	49.4	177.5	»	128.1
1867	318.5	64.5	354.0	»
1868	337.1	65.5	271.6	»
1869	56.0	67.7	»	11.7
1870	185.6	33.5	152.1	»
1871	459.2	45.9	413.3	»
1872	147.4	242.9	»	95.5
1873	228.8	170.5	58.3	»
1874	330.5	136.4	194.1	»
1875	138.1	199.4	»	61.3
1876	239.3	141.0	98.3	»
1877	206.7	185.3	21.4	»
1878	560.2	51.5	508.8	»
1879	856.7	41.7	815.0	»
1880	787.8	59.6	728.2	»
1881	519.2	91.4	427.8	»
1882	501.9	55.0	446.9	»
1883	374.4	55.4	319.0	»
1884	359.6	43.7	315.9	»
1885	232.1	33.8	198.3	»
1886	262.1	29.2	232.9	»
1887	289.2	18.9	270.3	»
1888	375.3	14.4	360.9	»
1889	372.8	21.7	351.1	»

Le tableau suivant (voir aussi pl. 2) représente le relevé général

Relevé des exportations et importations de tous les produits excepté les grains et les farines, de 1827 à 1889.

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES	
			IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	413	501	»	88
1828	429	508	»	79
1829	443	502	»	59
1830	444	451	»	7
1831	351	452	»	101
1832	414	503	»	89
1833	491	556	»	65
1834	504	506	»	2
1835	520	574	»	54
1836	565	623	»	58
1837	565	508	57	»
1838	653	648	5	»
1839	627	659	»	32
1840	700	690	10	»
1841	800	744	56	»
1842	834	625	209	»
1843	804	681	123	»
1844	817	783	34	»
1845	840	835	5	»
1846	820	845	»	25
1847	747	715	32	»
1848	450	653	»	203
1849	724	887	»	163
1850	791	1 059	»	268
1851	763	1 068	»	305
1852	984	1 195	»	211
1853	1 087	1 442	»	355
1854	1 130	1 406	»	276
1855	1 471	1 552	»	81
1856	1 687	1 885	»	198
1857	1 757	1 856	»	99
1858	1 517	1 758	»	241
1859	1 603	1 914	»	311
1860	1 875	2 157	»	282
1861	2 052	1 892	160	»
1862	2 042	2 201	»	159
1863	2 373	2 595	»	222
1864	2 505	2 868	»	363
1865	2 634	2 970	»	344
1866	2 744	3 003	»	259
1867	2 708	2 761	»	53
1868	2 967	2 724	243	»
1869	3 097	3 007	90	»
1870	2 681	2 756	»	75
1871	3 108	2 827	281	»
1872	3 423	3 519	»	96
1873	3 326	3 616	»	290
1874	3 177	3 565	»	388
1875	3 399	3 674	»	275
1876	3 749	3 435	»	686
1877	3 463	3 251	212	»
1878	3 616	3 128	488	»
1879	3 738	3 189	549	»
1880	4 245	3 408	837	»
1881	4 345	3 470	875	»
1882	4 320	3 519	801	»
1883	4 430	3 397	1033	»
1884	3 984	3 189	795	»
1885	3 856	3 944	»	88
1886	3 946	3 220	726	»
1887	3 737	3 228	509	»
1888	3 732	3 233	499	»
1889	3 802	3 587	215	»

des exportations et des importations de tous les produits moins les graines et les farines (1).

La prospérité de la France a été sans cesse en grandissant tant que la balance du commerce nous a été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numéraire de l'étranger au lieu de lui en envoyer; mais depuis que la balance du commerce nous est devenue défavorable, c'est-à-dire depuis que la France est débitrice des nations étrangères en raison des importations qui ont prédominé sur les exportations, nous avons vu une crise épouvantable s'abattre sur notre industrie manufacturière et agricole; d'une intensité variable, elle a été la plus forte les années où l'excès des importations sur les exportations a été le plus grand.

Certains économistes prétendent que plus le commerce que l'on fait avec l'étranger est lucratif, plus la somme des importations doit excéder celle des exportations. D'après eux, l'or et l'argent sont des marchandises comme les autres, les produits s'échangent contre des produits, et il faudrait prendre la balance du commerce à rebours en calculant le produit national par l'excédant des importations sur les exportations.

Il suffit de jeter les yeux sur notre commerce international pour faire bonne justice de ces théories erronées. Tout le monde sait que les années 1862 à 1867 et de 1872 à 1876 ont été marquées chez nous par une grande prospérité; ce sont précisément celles où nos exportations surpassent les importations. La crise, qui sévit sur notre pays, depuis bien des années déjà, a pris naissance en 1876, précisément au moment où les importations commencent à surpasser nos exportations; elle a atteint son maximum d'intensité en 1880, l'année où l'excès des importations sur les exportations a atteint son maximum; enfin, elle diminue sensiblement depuis cette époque, et nous voyons en même temps diminuer l'excédant des importations sur les exportations.

C'est une grave erreur de soutenir qu'un pays s'enrichit d'autant plus qu'il importe davantage; c'est au contraire l'excédant des exportations sur les importations qui constitue un bénéfice

(1) Les tableaux publiés chaque année par la direction générale des douanes divisent aussi les marchandises en trois catégories:
Objets d'alimentation;
Matières nécessaires à l'industrie;
Objets fabriqués.
Cette classification est tout à fait arbitraire et, quand on l'examine de près, on voit que les indications qu'elle fournit sont dénuées de toute utilité.
Dans la première catégorie, il y a bien des matières qui sont plutôt destinées à l'industrie qu'à l'alimentation; la distinction entre la seconde et la troisième catégorie est encore plus subtile, car on fait figurer dans la seconde beaucoup de produits dont l'état de fabrication est très avancé et que l'on pourrait très bien considérer comme objets fabriqués.

pour le pays. En effet, tous les produits quand l'importation n'est pas remplacée par l'exportation, se compensent en argent ; le pays qui importe plus qu'il n'exporte, est par conséquent obligé de régler la différence en monnaie.

Les enseignements qui se dégagent de l'examen des tableaux de notre commerce international (planche 2), sont d'autant plus probants et irréfutables qu'ils sont corroborés par l'examen des faits. Il est incontestable, en effet, que jusqu'à il y a une quinzaine d'années, de grandes fortunes ont été réalisées dans l'industrie. Les bénéfices permettaient d'apporter sans cesse de nouveaux perfectionnements à l'outillage et d'améliorer le sort des ouvriers. En est-il de même aujourd'hui? Malheureusement, non! Avec beaucoup d'efforts et d'économies, on arrive avec peine à équilibrer les recettes et les dépenses. L'industrie ne donnant plus aux capitaux une rémunération suffisante, ceux-ci s'en éloignent, ainsi que les individus. N'est-ce pas pour ce motif que tant de personnes recherchent de préférence des places de fonctionnaires ou d'employés plutôt que de diriger leurs efforts et leurs capitaux vers l'industrie? N'est-ce pas là aussi ce qui nous explique qu'un si grand nombre d'usines ont disparu et disparaissent encore chaque jour?

L'exemple des États-Unis est à méditer : après avoir importé plus qu'ils n'exportaient, alors qu'ils n'étaient pas riches, ils ont ensuite exporté plus qu'ils n'importaient et sont devenus riches.

Les principes du libre-échange seraient vrais s'ils pouvaient être appliqués dans le monde entier ; mais il faut tenir compte des obligations de chaque peuple et de l'individualité de chaque nation.

Tant que le monde sera partagé entre des peuples que divisent leur race, leur langue, leurs mœurs, leurs intérêts, le libre-échange sera un vain mot, une dangereuse utopie, selon les temps et les circonstances, et tant que la liberté commerciale ne planera pas sur le monde entier, la France devra, avec prudence et discernement, défendre les intérêts de ses producteurs.

Les constatations irréfutables qui se dégagent de l'examen du tableau de notre commerce international sont pour nous un précieux enseignement ; elles anéantissent complètement les théories libre-échangistes que je rappelais tout à l'heure, et qui ont heureusement fait leur temps chez nous pour ne plus reparaître, il l'espérer du moins.

Le principal argument que l'on fait valoir en faveur des traités

de commerce consiste à dire qu'ils ont seuls le pouvoir de créer un état stable, d'assurer pour une période plus ou moins longue, au gré des contractants, la possession des réductions de tarif obtenues par des négociations. Cette stabilité est purement illusoire. En effet, le tarif conventionnel se trouve formé par une série de réductions sur notre tarif général, réductions qui sont accordées isolément, sans vues d'ensemble, aux puissances avec lesquelles on traite; les concessions faites par la France sont constamment augmentées. La symétrie que l'on avait cherché à établir, en proportionnant dans le tarif général l'échelle des droits aux besoins de chaque industrie est totalement détruite. La fixité et la stabilité qui ne peuvent être assurées, dit-on, que par les traités de commerce n'existent point, car à chaque accession d'un nouvel État, on voit introduire dans le tarif des abaissements dont le bénéfice s'étend, en vertu de la clause de la nation la plus favorisée, à tous les pays qui ont déjà traité, ce qui constitue pour eux un avantage sans réciprocité pour nous, c'est une concession purement gratuite de notre part et sans aucun équivalent. Au moment où l'on s'engage, on ne sait donc pas exactement ce que l'on donne. On ne sait pas davantage ce que l'on reçoit; car, lorsque nous avons traité avec un État pour un certain nombre de produits, rien n'empêche celui-ci, quand il y trouve son avantage, d'élever les taxes sur les articles non spécifiés au traité.

Les traités de commerce nous liant les mains pour une période de temps assez longue, il nous est impossible de venir ensuite au secours de l'une de nos industries, si quelque péril vient à la menacer. Pour toutes ces raisons et bien d'autres, qu'il serait trop long d'exposer ici, les grandes puissances considèrent les traités de commerce comme une vieille machine usée et démodée.

Je ne dirai qu'un mot d'un autre argument que l'on invoque aussi volontiers en faveur des traités de commerce, et qui consiste à dire qu'il faut, avant tout, rechercher l'intérêt des consommateurs. C'est un argument des plus spécieux, car le consommateur et le producteur ne font qu'un. Il n'y a, en effet, que ceux qui ne font rien qui ne produisent rien; quel que soit le respect que l'on a pour les personnes qui vivent ainsi de revenus ou de rentes, il est incontestable que leur sort est moins intéressant que celui des travailleurs qui font sortir du sol ou des usines les richesses et les produits qui servent à l'usage de tous. Ce qu'il faut avant tout, c'est donc équilibrer les intérêts du producteur et du consommateur.

Nous sommes tous protectionnistes pour l'industrie que nous exerçons et libre-échangistes pour celle des autres. *(Approbation générale.)*

Dans certains milieux et malgré les preuves contraires, on reste encore sous l'influence de cette idée que c'est le consommateur qui finalement supporte toutes les conséquences des tarifs, cependant, comme le disait, le 8 février dernier, M. Pouyer-Quertier à la Société des Agriculteurs de France : « Les droits imposés à l'entrée des produits étrangers en France ne pèsent pas, comme l'ont voulu dire certains économistes, sur le consommateur; le droit de 5 *f* sur les blés n'a pas fait enchérir le prix du pain. »

D'après les libre-échangistes, chaque pays doit se consacrer exclusivement aux industries pour lesquelles il a le plus d'aptitude, suivant son génie industriel et la nature de son sol. Si chaque nation, disent-ils, ne s'occupait que des industries auxquelles elle est le plus apte, toutes pourraient donner au meilleur marché possible, dans les échanges qu'elles auraient à faire entre elles, la somme la plus considérable de produits.

Une pareille théorie ne supporte pas l'examen, car nous fabriquons aujourd'hui un grand nombre de produits qui nous venaient de l'étranger, il y a cinquante ou cent ans, et qui oserait soutenir que l'on ne doit pas encourager les créateurs de nouvelles industries? A tout moment, les inventions ou les perfectionnements de procédés industriels font que des nations, qui ne pouvaient pas produire autrefois certains articles, en deviennent capables.

D'autres arguments, que l'on invoque encore en faveur des traités de commerce, sont aussi faciles à refuter que ceux que je viens de signaler et qui sont les principaux.

Néanmoins, il faut reconnaître que les traités de commerce pourraient être admis dans certaines circonstances et qu'ils ne sont point dénués de tout avantage; chez nous, ce qui a produit des résultats déplorables, c'est surtout la façon dont ils ont été contractés, et, sur ce point, les traités de 1882 sont encore plus mauvais que ceux de 1860.

Un grand revirement d'opinions se fait à l'heure actuelle et le courant devient irrésistible. Les libre-échangistes eux-mêmes jettent aujourd'hui les traités de commerce par-dessus l'eau. « Ce sont les théoriciens de la protection qui les ont inventés » dit l'un des plus marquants d'entre eux, M. Léon Say; est-ce que Michel Chevalier et Cobden étaient des protectionnistes? Un autre libre-échangiste non moins connu, M. Leroy-Beaulieu, rédacteur en

chef de l'*Économiste français*, qui a mené, de 1878 à 1882, une campagne des plus énergiques en faveur des traités de commerce et de l'abaissement des droits de douane au taux le plus bas, reconnaît « que la crise agricole, le phylloxera, des erreurs manifestes et regrettables que renfermaient les traités de commerce de 1881, puis le courant général de l'opinion européenne et l'exemple donné par d'autres nations, notamment l'Allemagne et l'Italie, ont incliné chez nous les pouvoirs publics, et notamment le Parlement, à une réaction économique d'un caractère prononcé (1) ». Le libre-échange, ajoute-t-il, ne correspond pas à un programme pratique actuel et la question se pose seulement entre les droits modérés et les droits excessifs, entre la taxation universelle et tous les articles étrangers quels qu'ils soient, à l'exception de ceux dont la franchise est indispensable à la prospérité de nos industries.

Ce qui se passe en ce moment en Amérique mérite de notre part une grande attention. Un congrès panaméricain se tient à Washington, où tous les représentants de l'Amérique du Nord, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud délibèrent sur les moyens de resserrer leurs liens économiques à l'exclusion de l'Europe. La réalisation de ce plan présente à l'heure actuelle des difficultés considérables, mais avec le temps ne parviendra-t-on pas à les surmonter? Si cette union venait à être réalisée, elle aurait pour conséquences probables, presque certaines, la fermeture aux Européens des marchés de l'Amérique. L'industrie française, et plus particulièrement l'industrie parisienne, en recevrait un coup terrible : ce serait pour nous un véritable désastre économique.

D'un autre côté, s'il se produisait au centre de l'Europe un Zollverein ou union douanière, entre l'Allemagne, l'Autriche, l'Italie et quelques autres puissances dont on a parlé, que deviendrait la situation économique de la France? Nous serions entraînés dans une crise épouvantable, sinon fatale!

Dans ces circonstances, nous devons conserver notre liberté d'action et ne pas recommencer la faute que nous avons commise en 1882. Après la conclusion des traités qui nous liaient les mains pendant une période déterminée, un certain nombre de puissances auxquelles nous avions accordé des concessions se sont empressées de relever les droits de leur tarif général autant

(1) *L'Économiste Français*, 1er février 1890.

qu'elles le pouvaient (Allemagne, 1885, — Angleterre, 1888, — Autriche-Hongrie, 1887, — Belgique, 1882, — Espagne, 1886, — Norvège, 1885, — Suède, 1888, — Suisse, 1887, etc.), et nos engagements antérieurs nous ont empêché de défendre notre marché intérieur contre l'invasion des produits étrangers. Il nous faut revenir aux vrais principes, au régime de l'indépendance. N'est-ce pas le moment de méditer ce que disait un jour M. de Bismarck à l'ambassadeur de France à Berlin :

« Quand je manque d'un produit, j'ouvre les frontières et je laisse entrer. Quand le produit existe en quantité suffisante, je frappe les similaires étrangers de droits plus ou moins élevés, suivant les circonstances. Quand il y a surabondance, je ferme la frontière et j'accorde des primes à l'exportation. Je ne me lie avec personne. »

Le système du chancelier a assuré le développement industriel de l'Allemagne : nous ferons sagement de nous en inspirer à l'occasion.

L'abandon des traités de commerce s'impose donc à l'heure actuelle et il est accepté à peu près unanimement ; — aussi, il ne semble y avoir de discussion que sur le choix du régime à adopter pour l'avenir.

La solution la meilleure semble être celle du régime des deux tarifs, l'un *minimum*, qui serait réservé aux nations qui nous traitent favorablement, l'autre *maximum*, qui serait opposé aux pays qui nous refusent les avantages qu'ils accordent à d'autres États ou dont le régime économique serait trop dur pour notre production.

Ce régime présente une grande analogie avec le système actuel qui comporte deux tarifs : le tarif conventionnel (qui serait remplacé par le tarif *minimum*) pour les pays avec lesquels nous avons des traités de commerce, et le tarif général (qui deviendrait le tarif *maximum*) appliqué aux produits des pays avec lesquels nous ne sommes point liés par des conventions. — Mais il présente sur le système actuel de très grands avantages, car nous serions absolument maîtres de modifier à tout moment, suivant nos besoins, les droits portés dans l'un et l'autre de ces tarifs, tandis qu'actuellement nous ne pouvons pas toucher au tarif conventionnel. — En outre, le tarif minimum, qui est le plus important, serait établi au grand jour, discuté au Parlement, tandis qu'aujourd'hui le tarif conventionnel est établi par des commissaires, réunis autour d'une table verte et cherchant chacun à obtenir les plus

grandes concessions à l'avantage de leur pays, concessions qui ont souvent été faites bénévolement par la France, sans réciprocité, — les traités de 1882 surtout en sont la preuve la plus manifeste.

Si l'on établit les prix de revient comparatifs entre les produits de plusieurs de nos industries nationales, et les produits similaires étrangers, on constate que nos concurrents fabriquent beaucoup de produits à des prix inférieurs à ceux auxquels nous pouvons les obtenir nous-mêmes, il nous est par suite impossible de soutenir la concurrence à moins que des *droits compensateurs* ne ramènent l'équilibre. Les tarifs de douane doivent être établis de façon à assurer l'existence de notre industrie manufacturière tout aussi bien que celle de notre industrie agricole. Celle-ci, de plus en plus écrasée par la concurrence étrangère, ne peut plus supporter une situation, qui, si elle se prolongeait encore un peu, serait sa ruine fatale à brève échéance.

En reprenant notre liberté d'action à l'égard des autres pays, nous ne devons pas nous isoler d'eux tout en demeurant maitres de notre marché intérieur, nous ne devons pas élever autour de nous une muraille de Chine; il faut établir des tarifs de préservation nationale et non des tarifs de combat.

Si le système de la protection s'impose aujourd'hui comme une nécessité nationale, et tout le monde paraît d'accord pour assurer ce résultat, il faut bien se garder d'en pousser trop loin l'application. — Il y a une limite qu'on ne saurait dépasser sans tomber dans un autre inconvénient : celui d'atteindre les consommateurs en protégeant trop les producteurs, et, par l'exagération de la faveur accordée à ceux-ci, d'augmenter pour ceux-là le prix des objets nécessaires à la vie. Le tout est de faire de la protection à propos et juste dans la mesure.

ANALYSE

DE L'OUVRAGE DE M. E. BOIX

STABILITÉ DES CONSTRUCTIONS EN MAÇONNERIE

PAR

M. A. de IBARRETA

L'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées d'Espagne, M. E. Boix, vient de publier un ouvrage sur la stabilité des constructions en maçonnerie : *Estabilidad de las construcciones de mamposteria*, que nous croyons destiné à rendre un grand service aux constructeurs, à cause de son but principalement pratique, et dont nous allons rendre compte aussi sommairement que possible, eu égard à l'importance de l'ouvrage.

L'auteur s'est surtout proposé de rendre facile la détermination de la forme et dimensions qu'il convient d'assigner à une construction en maçonnerie pour obtenir la solution la plus économique et donnant lieu à une résistance convenable, tout en tenant compte, en même temps, des efforts qui agissent sur l'ouvrage et des conditions qu'il doit remplir.

A notre avis, la question a été complètement résolue par le moyen de procédés graphiques et de formules d'une extrême simplicité, qui sont déduits des résultats d'application des formules théoriques et qu'en outre on compare avec les diverses expressions empiriques proposées par plusieurs auteurs, ainsi qu'avec les dimensions assignées à des constructions analogues et d'un mérite incontestable.

L'ouvrage de M. Boix se divise en huit chapitres, que nous passerons rapidement en revue.

Le premier s'occupe des trois mouvements, de rotation, de glissement et d'écrasement des matériaux, qui peuvent occasionner la ruine d'une construction en maçonnerie. Il contient, en

outre, des tableaux de données pratiques et de résultats d'expériences obtenues par divers opérateurs.

Après avoir exposé les principes généraux relatifs à la répartition des pressions sur la section horizontale d'un corps, l'auteur applique ces principes aux diverses formes de la section qu'on peut rencontrer en pratique.

Le second chapitre traite de la théorie des murs de soutènement et comprend trois articles.

Le premier est relatif à l'intensité de la poussée des terres, poussée qu'on détermine d'après les principes de la théorie de Poncelet, en examinant le cas le plus général et plusieurs cas particuliers. On considère également les simplifications que comportent les formules obtenues lorsqu'on fait abstraction du frottement des terres contre le parement intérieur du mur, ainsi que lorsque la poussée est produite par un liquide.

Dans le second article, on détermine le point d'application de la poussée pour les mêmes cas et lorsque le remblai est surchargé, ou que les terres agissent sur un parement courbe.

Le troisième article s'occupe de la stabilité du mur sous le point de vue de chacun des trois mouvements indiqués antérieurement. On détermine pour divers cas l'équation d'équilibre donnant l'épaisseur du mur et l'équation de la courbe de pression.

Dans le troisième chapitre qui a pour titre : *considérations préliminaires sur l'application de la théorie des murs de soutènement*, l'auteur fait une critique judicieuse de diverses méthodes proposées par quelques constructeurs, et déduit de cette étude la nécessité de faire abstraction du frottement des terres contre le mur, dans les calculs pratiques de résistance d'un mur de soutènement, et de s'en tenir, par conséquent, à l'ancienne théorie de Coulomb, la seule à son avis, qui puisse être généralisée pour tous les cas qui se présentent dans les travaux. Il termine par une rapide analyse de la théorie de Rankine qu'il considère comme inapplicable à la plupart des cas pratiques.

Dans le quatrième chapitre, l'un des plus intéressants de l'ouvrage, l'auteur fait application des principes exposés et des formules obtenues dans le deuxième, aux diverses formes de murs, murs à fruit, en surplomb, courbes, à contreforts, murs de revêtement, en retour, en aile, à mi-côte, en pierres sèches et enfin aux murs de retenue d'eau et murs de quai.

Pour toutes ces sortes de murs, l'auteur considère la résistance

sous tous les points de vue, et étudie aussi l'influence exercée par les principaux éléments qui entrent en jeu, tels que les densités, l'angle de frottement et les surcharges

Les résultats d'application des formules théoriques aux diverses formes de murs, sont mis en forme de tableaux qui permettent de juger avec clarté des variations que présente l'épaisseur selon les cas. L'examen de ces résultats conduit l'auteur à proposer des procédés et des formules empiriques simples, donnant l'épaisseur avec une grande facilité et pouvant remplacer les formules théoriques avec une approximation suffisante.

Le cinquième chapitre est exclusivement destiné aux grands barrages-réservoirs.

Après une indication sommaire des procédés de MM. Graef et Delocre, qui ont servi pour fixer la section du barrage du Furens, l'auteur expose en détail la marche qu'il a suivie et les calculs effectués pour projeter le barrage du Villar dont il a dirigé la construction, barrage servant à l'alimentation de Madrid et qui, par sa forme et ses dimensions, offre une grande analogie avec le barrage du Furens.

Il propose de même, pour ces sortes d'ouvrages, un procédé au moyen duquel on obtient rapidement la section avec une exactitude suffisante, surtout pour un avant-projet.

La manière de profiler les parements, la forme en plan de l'ouvrage et la section qu'il faut assigner au déversoir de surface, font l'objet de considérations d'un grand intérêt.

Après avoir passé en revue un grand nombre de barrages-réservoirs, anciens et modernes, construits en France et en Espagne, l'auteur termine le chapitre par l'examen des modifications que peut éprouver la résistance d'un barrage, calculé d'après le système de bandes horizontales, lorsqu'on donne à celles-ci une inclinaison normale à la résultante respective.

La théorie des voûtes est exposée dans le sixième chapitre qui se subdivise en six articles.

Le premier contient les principes de la théorie de Dupuit, que l'auteur considère comme théoriquement exacte et celle qui, parmi toutes les théories connues, se rapproche le plus de la réalité des faits, tout en faisant la part des modifications apportées par la pratique. Il réfute, en même temps, les objections faites à cette théorie, même celles qui se rapportent aux voûtes sans mortier, construites par les Romains.

Le deuxième article est relatif à la détermination de l'épaisseur des voûtes.

Après diverses considérations qui font ressortir les difficultés qui se présentent pour pouvoir résoudre le problème par l'analyse. l'auteur passe en revue les principales formules empiriques connues et en propose une nouvelle, très simple, qui est comparée avec les autres et avec les données d'un grand nombre de ponts existants. Cet article se termine par une critique judicieuse des théories d'Yvon-Villarceau, de Méry et de Durand-Claye.

Le troisième article a rapport à l'épaisseur des culées qui se déduit de l'équation d'équilibre.

L'épaisseur des piles et l'influence de cette épaisseur sur le nombre de cintres à employer dans un pont à plusieurs ouvertures, forment l'objet du quatrième article.

On étudie dans le cinquième la forme de la courbe d'intrados, et spécialement les avantages et inconvénients de la forme en arc de cercle et à anse de panier.

Le sixième et dernier article contient quelques généralités sur le tracé des courbes en anse de panier.

Dans le septième chapitre, l'auteur applique les principes exposés précédemment aux différentes formes de voûtes employées en pratique, tout en considérant les dimensions les plus usuelles jusqu'à 20 *m*, Ces applications donnent pour résultat l'épaisseur des culées, qu'on dispose dans plusieurs tableaux, desquels l'auteur déduit aussi de simples formules linéaires servant à déterminer l'épaisseur avec une exactitude suffisante.

Le huitième et dernier chapitre contient diverses applications relatives aux ouvrages suivants : 1° Culées en maçonnerie destinées à supporter des travées métalliques en arc de cercle ou des poutres droites ; 2° Piles en maçonnerie pour les grands viaducs métalliques ; 3° Tours et cheminées d'usine et murs d'édifice.

Comme nous l'avons dit, en commençant cette notice, l'ouvrage de M. Boix peut rendre de grands services aux praticiens, en leur permettant de fixer avec rapidité et sans tâtonnements la forme et les dimensions d'une construction en projet. En même temps, il constitue une étude approfondie des conditions de stabilité, par le moyen de laquelle on peut juger théoriquement les résultats des formules pratiques proposées.

Madrid, 14 janvier 1890.

CHRONIQUE

N° 122.

SOMMAIRE. — Les canaux maritimes en 1889 *(suite et fin)*. — Les ponts métalliques aux Etats-Unis. — Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — Production du pétrole. — Pont en béton. — Procédé de trempe de l'acier.

Les canaux maritimes en 1889 *(Suite et fin)*. — Le mémoire de M. Peary passe ensuite à l'examen des canaux maritimes actuellement en voie d'exécution dans les diverses contrées de l'ancien et du nouveau monde.

II. — Canaux en construction.

Canal de Corinthe. — Le canal de Corinthe a pour but de couper l'isthme de ce nom pour faire communiquer la mer Egée et le golfe de Lépante en transformant en île la presqu'île du Péloponèse.

L'isthme de Corinthe est une langue de terre dont la largeur n'excède guère 6 *km* et la plus grande hauteur 80 *m* au-dessus du niveau de la mer.

Les anciens avaient déjà apprécié l'utilité de ce percement et Néron l'avait entrepris; on trouve encore des traces très apparentes des travaux exécutés à cette époque, traces consistant en tranchées et en puits d'assez grande profondeur.

Ce n'est qu'en 1881 qu'une compagnie française s'organisa pour l'exécution du canal maritime et les travaux furent commencés en mai 1882.

Le tracé est en ligne droite, la longueur est de 6 400 *m*; on adopta une largeur de 22 *m* au plafond et de 24 à 45 *m* au plan d'eau suivant la nature du terrain, rocher ou terre plus ou moins consistante. La profondeur d'eau devait être de 8 *m*. La durée du percement était estimée à quatre années et la depense à 25 à 30 millions de francs.

Ces prévisions ont été déjouées et l'entreprise a passé par une série de crises qui n'ont pas encore permis l'achèvement de ce travail.

On estime que le percement de l'isthme de Corinthe abrégera de 185 milles le trajet des ports de l'Adriatique à ceux de la Turquie et de l'Asie Mineure et de 95 milles le trajet des navires venant du détroit de Messine. Le trafic annuel est prévu à 4 500 000 tonneaux; le droit de passage serait de 1 *f* par tonneau pour les navires venant de l'Adriatique et de 0,50 *f* pour ceux en provenance de la Méditerranée.

Canal de la mer du Nord à la Baltique. — Ce canal qu'on appelle aussi *Canal de Holstein* est le travail le plus important de ce genre qu'il y ait jusqu'ici en Europe.

Bien que l'idée en soit déjà ancienne, ce n'est que vers 1878 qu'elle

fut reprise d'une manière sérieuse. L'exécution fut décidée par voie législative en juin 1886 et les travaux furent commencés officiellement le 3 juin 1887.

L'objet de ce canal est d'établir une communication maritime entre le port de Kiel sur la Baltique et celui de Brunsbüttel à l'embouchure de l'Elbe. Le tracé emprunte sur une partie de sa longueur le lit de l'Eider, les lacs de l'Eider et enfin le canal de l'Eider rectifié et aggrandi.

La longueur totale est de 98 *km* environ. Les courbes ont un rayon minimum de 1 000 *m*. La largeur est de 25 *m* au plafond et de 60 *m* au plan d'eau avec une profondeur d'eau de 8,50 *m*, laquelle pourra être portée à 9 *m*. On a prévu également l'élargissement du canal sur la rive méridionale.

Le canal est à niveau, mais avec écluse à chaque extrémité à cause de la différence des marées dont la dénivellation est de 0,50 *m* au-dessus et au-dessous du niveau moyen sur la mer Baltique, tandis qu'elle atteint 1,30 *m* à l'embouchure de l'Elbe.

A Brunsbüttel il y aura trois écluses de 83 × 12,5 *m*, 124 × 25 *m* et 354 × 60 *m*. Sur la Baltique il n'y en aura qu'une grande, laquelle ne sera fermée qu'exceptionnellement. Toutes ces écluses seront manœuvrées par des appareils hydrauliques.

Quatre lignes de chemins de fer et plusieurs routes franchiront le canal sur des ponts tournants.

Le cube total des terrassements a été évalué à 50 millions de m^3 et les dépenses à 200 millions de francs. Sur cette somme on peut estimer à 60 millions l'excès de prix causé par le caractère stratégique donné à ce travail comparativement à ce qu'eût coûté un canal de navigation purement commerciale.

L'importance n'en est pas moins considérable à ce dernier point de vue. Le passage par le canal de Holstein raccourcit de 237 milles le trajet des ports au sud et à l'ouest de Londres vers la Baltique et de 425 celui des ports allemands. En temps c'est de trente heures pour les steamers à quatre jours pour les voiliers, sans compter les dangers très sérieux de la navigation du Sund où il se perd en moyenne deux cents navires par an.

Le trafic peut être évalué à 35 à 40 mille navires par an, représentant un tonnage de 12 millions de tonneaux sur lesquels de 6 à 9 millions payeront un droit de 1 *f* par tonneau.

Toutefois, le but principal de l'établissement de ce canal est, comme on sait, la faculté de concentrer rapidement la flotte allemande, soit dans la Baltique, soit dans la mer du Nord.

Canal de Manchester. — Ce canal a pour objet de faire un port maritime de Manchester situé à 80 *km* de la mer et à 56 de la partie de la Mersey où se fait sentir la marée. Il est probable que ce travail modifiera dans des proportions considérables le mouvement actuel des ports anglais, tels que Liverpool, Hull et surtout Londres.

On dit que l'idée de mettre Manchester en communication directe avec la mer remonte à 1712. Mais c'est en 1882 que le projet fut lancé vigoureusement par les autorités et le commerce de Manchester ; il fut

naturellement non moins vigoureusement combattu au nom des intérêts de Liverpool et de la Mersey et par les Compagnies de chemins de fer qui, outre le tort qu'elle prévoyaient pour leur trafic, craignaient d'être obligées d'avoir à faire de grosses dépenses pour la modification de leurs tracés en vue du passage du canal.

Cette opposition arrêta pendant plusieurs années l'autorisation demandée et le bill ne passa au Parlement que dans l'été de 1887. Le capital fut immédiatement fourni et les travaux commencés et conduits avec la plus grande activité, de sorte qu'on peut espérer que la durée de quatre années prévue pour l'exécution ne sera pas dépassée.

La longueur du tracé est de 44 *km* environ entre Manchester et l'embouchure de la Mersey; cette longueur peut se diviser en deux sections: la première soumise à l'influence de la marée et s'étend de Eastham par la Mersey jusqu'à Rancorn, sur 19 *km* et ensuite à travers les terres, sur 13 *km*, jusqu'à Warrington. Dans cette partie la largeur au plafond est de 30,50 *m* et la profondeur à basse mer de 7,90 *m*.

La seconde section s'étend de Warrington à Manchester, distance 25 *km* ; la largeur y est de 30,50 *m* au plafond, 91,50 *m* au plan d'eau et 7 90 *m* de profondeur.

Il y a quatre série d'écluses, chacune composée de trois de grandeurs différentes avec des portes intermédiaires de façon à faire passer sans perte de temps les navires qui se présentent, quelles que soient leurs dimensions. La différence totale de niveau rachetée par ces écluses est de 18 *m*. Le cube total des terrassements est évalué à 36 millions de m^3 et la dépense à 150 millions de francs.

Il y a 15 000 ouvriers sur les travaux avec 70 excavateurs, 50 grues à vapeur, 150 locomotives et 5 000 vagons, etc. On enlève par mois environ 750 000 m^3.

Quant au trafic, il est assez difficile de fixer des chiffres un peu exacts, mais, en présence d'une contrée aussi manufacturière que les environs de Manchester dans un rayon assez considérable, laquelle reçoit des matières premières et fournit des produits fabriqués en quantités énormes, il ne paraît pas y avoir de doutes que le canal de Manchester ne soit un succès tant au point de vue financier que sous le rapport technique.

Les canaux maritimes en voie d'exécution dans le Nouveau Monde sont les suivants :

Canal du Cap Cod. — Il y a déjà deux cents ans qu'on a eu l'idée de faire un canal à travers le cap Cod et il y en a cent qu'une étude complète a été faite de ce projet. Ce n'est cependant que depuis quelques années qu'on a commencé l'exécution et les travaux ont été menés avec peu d'activité.

Le tracé va de l'embouchure de la rivière Mounmet à un point situé au sud de Sagamore-Hill, sur la baie de Barnstable, sur une longueur de 12 200 *m* environ ; le point culminant du sol n'est qu'à 7, 50 *m* au-dessus du niveau des hautes mers.

Le canal doit avoir 60 *m* de largeur au plan d'eau et 7 *m* de profondeur aux basses mers. Il y a environ 14 millions de m^3 de terres à enle-

ver et les dépenses sont évaluées à des totaux très différents, 15 millions de francs suivant les uns et non moins du triple suivant d'autres. La durée des travaux est estimée à quatre ou cinq ans. Récemment, il y avait à peu près 3 *km* de creusés à la profondeur de 4, 50 *m*.

Ce canal abrégera le trajet de Boston aux ports plus au sud de 70 à 140 milles et économisera en moyenne trois jours de navigation pour les navires à voiles. Le trafic est évalué de 4 à 5 millions de tonneaux par an. Le canal du cap Cod a d'ailleurs une assez grande importance au point de vue militaire aussi bien qu'au point de vue commercial.

Canal de Harlem. — Ce canal, qui doit réunir la rivière de l'Est et l'Hudson par la rivière de Harlem et le Spuyten Duyvil-Creek, au-dessus de New-York, aura 13 *km* environ de longueur, 120 *m* de largeur et 4,50 *m* de tirant d'eau.

Les premières études ont été faites en 1874 par le général Newton, qui fit plusieurs rapports dont le dernier date de 1881. En 1879, le Congrès vota deux millions de francs pour ce travail qui fut commencé en 1888 et est actuellement en voie de pleine exécution. On évalue la dépense totale à treize millions.

Le mémoire de M. Peary cite encore deux canaux de minime importance le *canal de Columbia* de 8 *km* de longueur, 45 *m* de largeur et 3,05 *m* de tirant d'eau et le *Canal des Cascades*, également dans la Caroline du Sud de 1 050 *m* avec deux écluses de 140 × 24 *m*.

Il passe ensuite au canal de Nicaragua qu'on verra avec quelque surprise classé parmi les canaux en exécution, alors que le canal de Panama est rangé par l'auteur américain dans la catégorie des canaux en projet.

Canal de Nicaragua. — On sait que l'idée du percement de l'isthme de l'Amérique centrale remonte presque à la découverte du Nouveau Monde, mais les projets prirent corps surtout lors de l'émancipation des colonies espagnoles du Centre-Amérique.

Sans insister sur les études précédentes, on rappellera que le gouvernement des États-Unis fit faire de 1870 à 1875 une exploration de l'isthme américain de Tehuantepec à l'Atrato pour déterminer le meilleur tracé à adopter. Le capitaine Lull, chef de l'expédition, proposa un projet de canal maritime interocéanique par le Nicaragua, ayant une largeur de 15 à 20 *m* au plafond et 30 à 50 *m* au plan d eau avec 8 *m* de profondeur, estimé à 350 millions de francs.

En 1876 et 1880, M. Menocal qui avait été ingénieur de l'expédition commandée par le capitaine Lull, reprit le projet de celui-ci et le présenta en 1887 avec des modifications très importantes. Des capitalistes américains obtinrent en 1887 une concession du gouvernement du Nicaragua et, à la fin de la même année, un personnel et un matériel importants furent envoyés sur place pour relever le terrain et opérer le tracé du canal. On établit ainsi les projets et devis d'un canal ayant de 24 à 36 *m* de largeur au plafond et 24 à 100 *m* de plan d'eau avec une profondeur de 9 *m*. Les dépenses étaient évaluées à 330 millions de francs et la durée des travaux à cinq ans.

Le dernier Congrès passa un bill d'incorporation de la Compagnie avec

un capital de 500 millions de francs pouvant être élevé à un milliard et les travaux ont déjà commencé.

La distance d'une mer à l'autre par le tracé adopté est de 272 *km*, mais, sur cette largeur, à peine 50 *km* doivent constituer le canal proprement dit; le reste est formé de lacs, lagunes et rivières. Sous ce rapport le canal offre une grande ressemblance avec le canal Calédonien. Le faite se trouve à 33 *m* au-dessus du niveau de la mer. Il y aura six écluses. Une des parties les plus importantes de ce travail est l'endiguement de la rivière San-Juan sur une longueur de 100 *km*, et celui des lagunes sur une longueur assez grande. On évalue la durée du transit d'une mer à l'autre à 28 heures et l'importance du trafic dès l'ouverture à 6 millions de tonnes par an, mais on ne peut apprécier le développement que le trafic est appelé à prendre parce qu'il n'existe pas de précédent utile à invoquer.

Le canal de Suez a abrégé le parcours pour aboutir à des régions relativement en plein développement, et son trafic est dû principalement à l'avantage que la navigation trouve à ce raccourcissement.

D'autre part, le canal de Saint-Mary est le seul débouché de régions dont le développement n'a été rendu possible que par la création de cette voie navigable.

Le canal de Nicaragua se trouve réunir les conditions de chacune de ces voies dont le succès a été si colossal; il offrira un raccourcissement énorme à un trafic qui est déjà d'au moins 6 millions de tonnes et développera en outre ce trafic dans des conditions qu'il est impossible de prévoir.

On peut rappeler comme base d'appréciation que le trafic du canal de Saint-Mary, qui était de 1 1/2 millions de tonnes en 1881, avait déjà atteint 4 1/2, soit le triple en 1886, soit cinq ans plus tard. Si on fait une proportion en prenant comme base le lac Supérieur, d'une part, et l'océan Pacifique de l'autre, on peut se faire une idée du trafic relatif probable des deux canaux.

Nous ferons observer que l'auteur américain est absolument muet sur le mode d'organisation des travaux, leur état d'avancement, les installations, etc. Il se borne à indiquer que les travaux sont commencés *(the work of construction has already commenced)*.

III. — Canaux en projet.

Le mémoire de M. Peary mentionne avec plus ou moins de détails un très grand nombre de projets dont les uns ont été proposés sérieusement et les autres beaucoup moins et dont l'importance varie beaucoup.

Ainsi dans l'ancien monde figurent : le canal de Birmingham à la mer avec plusieurs tracés; le canal du Great Western, le canal de Newcastle entre la Tyne et le golfe de Solway, le canal d'Écosse reliant la Clyde au Forth, le canal d'Irlande entre Galway et Dublin, le canal de l'Océan à la Méditerranée ou canal des Deux-Mers, le canal de la mer du Nord à la Méditerranée ou de Calais à Marseille, le canal de Bruxelles, le canal de Bruges, le canal de Paris à Boulogne ou Grand Canal du Nord, le canal entre la Méditerranée et l'Adriatique à travers l'Italie, le canal de la Baltique à la mer Noire reliant l'Oder au Danube, le canal

du Don au Volga reliant la mer Noire à la Caspienne, le canal de Perekop, le canal de Palestine entre la mer Morte et la Méditerranée, le canal de la Méditerranée au golfe Persique, le canal de l'isthme de Malacca ou canal de Krau et enfin le canal de Ceylan.

Enfin dans le Nouveau Monde, M. Peary indique une foule de projets parmi lesquels il cite en première ligne le canal de Panama. Nous croyons inutile de suivre l'auteur dans ses appréciations sur ce travail qu'il considère à un point de vue tout américain.

Un des projets les plus curieux est celui d'un canal à travers la Floride, qui abrégerait de 500 milles le trajet de New-York à la Nouvelle-Orléans, et de 412 celui de ce dernier port à Liverpool.

On peut encore citer un projet colossal consistant dans l'établissement d'un canal intérieur de grande navigation reliant la Caroline à Boston en passant par New-York, Philadelphie, Baltimore et Norfolk, projet dont l'intérêt est surtout stratégique.

Les ponts métalliques aux États-Unis. — Nous trouvons dans le discours de sortie, prononcé par M. Joseph M. Wilson, président de l'*Engineers Club* de Philadelphie, discours entièrement consacré à l'historique de la construction des ponts, quelques aperçus qu'il nous paraît intéressant de reproduire au sujet des ponts métalliques.

Jusqu'ici on n'a aucune notion sur la durée des ponts en métal. Il existe encore quelques ponts construits dans ce genre (en fonte), lesquels ont un siècle d'existence et sont en bon état. Le renouvellement des ponts en fer qui se fait fréquemment sur les chemins de fer en Europe et en Amérique est amené, non pas par la destruction de ces ouvrages, mais parce qu'ils sont devenus insuffisants pour le poids du matériel qui a augmenté de près de 50 % depuis la construction de ces ponts; quelquefois le remplacement a été causé par des défauts dans la construction primitive.

C'est certainement un fait tout à l'honneur des ponts métalliques que d'avoir résisté dans de pareilles circonstances, surtout si on considère que dans bien des cas, on avait établi ces ouvrages en faisant travailler le métal à un degré élevé pour réduire la dépense. Cette leçon ne doit du reste pas être perdue, et sur les principales lignes de chemins de fer, on donne un excès de résistance aux diverses parties des ponts en vue d'un accroissement futur possible des charges roulantes.

Souvent la chute des ponts métalliques est amenée par des défauts de construction provenant de ce que celle-ci a été confiée à des personnes incapables et qui trop fréquemment (aux États-Unis) prétendent sans aucun titre se connaître à l'établissement de ces ouvrages. Ceci n'est d'ailleurs pas particulier aux ponts métalliques. On cite l'exemple du pont en pierres de Pont-y-tu-Pridd, dans le pays de Galles, qui fût refait trois fois, avant qu'il pût tenir, par le même architecte assurément plus à louer pour sa persévérance que pour son talent.

La cristallisation du fer sous des efforts prolongés, qu'on a souvent mise en avant, n'est pas confirmée par les faits. L'auteur a pris des échantillons sur des ponts en service depuis vingt-cinq ans et soumis à une fatigue excessive, et le fer a donné à l'essai de résistance d'aussi bons résultats qu'on eût pu en attendre de métal neuf. L'apparence cristal-

lisée d une cassure provient souvent de la manière dont la cassure a été opérée et il faut être très expérimenté pour juger de cette question.

La conservation des ponts métalliques ne peut être assurée que par de grands soins. La peinture est un point très important, et elle est généralement très négligée. Avec trois bonnes couches de peinture à la construction, le renouvellement tous les six ou sept ans est nécessaire.

Il a été lu à la section B de l'Association britannique, en septembre 1886, un mémoire sur les « Accidents de ponts en Amérique » qui pourrait induire en erreur sur cette question. Il est dit dans ce mémoire que, dans les dix années précédentes, il n'y a pas eu, dans les États-Unis et le Canada, moins de 251 chutes de ponts métalliques de chemins de fer, chutes dues à diverses causes, mauvaise construction, excés de charge, collisions, etc. Sur ce nombre, 57 accidents étaient dus à des déraillements, rupture d'essieux, etc. 30 étaient des chutes absolues, dans 96 cas la cause était incertaine, et 5 des accidents étaient produits pendant les réparations.

Pour être équitable et ne pas tirer de ces faits une conclusion exagérée, il faut tout d'abord considérer que, sur la longueur totale de chemins de fer existant dans le monde que l'on peut évaluer à 560 000 *km*, les États-Unis et le Canada en comptaient à peu près 260 000 contre 32 000 pour la Grande-Bretagne.

La proportion de 251 accidents pour les premiers, serait donc de 31 pour les secondes pour dix années. La catastrophe du pont de la Tay contribuerait dans une certaine mesure à amener l'équilibre, surtout si on faisait entrer en ligne de compte la longueur des ouvrages détruits. On dira que cet accident a été amené par une tempête, mais il y avait un train sur le pont et on peut constater aujourd'hui que la construction eût pu être faite de manière à prévenir ce qui est arrivé.

Sans avoir de prétention à l'exactitude, on peut dire, par voie d'approximation, qu'en moyenne il tombe un pont par 800 *km* en dix ans aux États-Unis et dans le Canada. Si on connaissait exactement la répartition des accidents sur les diverses lignes, on trouverait bien certainements que les ponts des lignes principales donnent des chiffres bien au-dessous de la moyenne.

Quant aux 57 ponts dont la chute est indiquée comme provoquée par un déraillement ou circonstance analogue, il semble difficile d'en rendre responsable le constructeur de l'ouvrage.

Il est certain que, dans le service des chemins de fer, toutes les divisions doivent chercher à contribuer dans la mesure du possible à prévenir les accidents de pont, et que, d'autre part, le constructeur des ouvrages de ce genre doit aussi chercher à empêcher les accidents du matériel de compromettre leur sûreté, On doit établir les tracés de manière à mettre autant que possible les voies à la partie supérieure des ponts où des planchers solides peuvent être établis. Si on met les voies à l'intérieur des poutres, il devient difficile de donner à celles-ci assez de raideur transversale pour empêcher les conséquences graves de leur choc par un train décaillé.

L'auteur croit que, si on demandait au service du matériel autant de surveillance qu'on en exige de ceux qui font les ponts, ou sont chargés

de leur entretien, il y aurait bien moins d'accidents. Ce sont les essieux qui demandent de l'attention, bien plus que les ponts.

En dehors de ce point, on peut dire que trop de ponts aux Etats-Unis ont été construits, il y a une vingtaine d'années, avec un dédain absolu de la théorie. Si on avait apporté toujours et partout le soin dans les études et la préparation des cahiers des charges, la surveillance des travaux etc., qu'on trouve aujourd'hui dans quelques-unes des grandes lignes de chemins de fer, en Amérique, on ne se trouverait pas en présence d'une énumération aussi douloureuse d'accidents.

Etant donnée la manière d'opérer qui a prévalu pendant la période qui vient d'être indiquée, on ne peut guère s'étonner du grand nombre d'accidents survenu, on pourrait au contraire s'applaudir que ce que la liste ne soit pas beaucoup plus longue.

Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — La Société industrielle de Mulhouse a publié en fascicule séparé une série de notes et documents qui lui ont été présentés par notre collègue, M. W. Grosseteste, sur le chemin de fer de Mulhouse à Thann, à l'occasion du cinquantenaire de cette première ligne alsacienne, inaugurée le 1er septembre 1839.

Cette ligne fut étudiée et construite par M. Bazaine, alors ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, pour M. Nicolas Koechlin, qui en était le concessionnaire.

Nous croyons intéressant de reproduire la partie de cette notice relative au matériel roulant; elle contient des renseignements utiles relativement aux premiers pas de l'industrie de la construction des locomotives en France.

En 1839, année où le chemin de fer de Mulhouse à Thann fut mis en exploitation, les chemins de fer livrés à la circulation, de Paris à Saint-Germain et à Versailles (rive droite), et de Montpellier à Cette, n'avaient encore que des locomotives anglaises (constructeurs Jackson, Sharp-Roberts, Stephenson); le chemin de fer de Versailles (rive gauche) en 1842, avait 16 locomotives, dont 14 anglaises et 2 françaises construites au Creusot (1).

C'est à partir de 1840 qu'on vit en France, en dehors de l'Alsace, apparaître quelques machines françaises (constructeurs, Creusot, Stehelin et Huber, Cavé, etc.).

MM. Nicolas Koechlin et frères, concessionnaires et entrepreneurs à forfait de la construction des chemins de Mulhouse à Thann et de Strasbourg à Bâle, voulurent, dès le premier jour, en amis éclairés de leur pays, que la construction du matériel roulant de ces chemins de fer fût une œuvre nationale et principalement alsacienne. C'est une nouvelle

(1) Nous ne croyons pas que ce qui est dit dans ce paragraphe soit tout à fait exact. En effet, le *Guide du Mécanicien conducteur de machines locomotives*, de Flachat et Petiet, paru en 1840, indique déjà sur un tableau contenant seize locomotives appartenant aux chemins de fer de Saint-Germain et Versailles R. D. cinq machines françaises dont deux de Stehelin et Huber, deux du Creusot et une de Cavé.

D'autre part, un tableau contenu dans l'ouvrage de notre collègue Deghilage, *Origine de la locomotive*, indique, pour 1842, vingt et une locomotives françaises contre cinquante-huit anglaises dans le matériel du chemin ee fer de Saint-Germain et des deux chemins de Versailles.

branche de travail que M. Nicolas Koechlin apportait à l'Alsace et où elle devait recueillir des succès comme elle l'a fait déjà dans tant d'autres.

M. Nicolas Koechlin avait pris l'engagement de livrer, pour l'exploitation des chemins d'Alsace, un matériel important en voitures de voyageurs et wagons de marchandises et *dix-huit* locomotives, dont deux pour le chemin de fer de Mulhouse à Thann et seize pour la ligne de Strasbourg à Bâle.

Ce nombre de machines ayant été reconnu insuffisant pour le service, la Compagnie de Strasbourg à Bâle, qui avait pris à sa charge l'exploitation du chemin de Mulhouse à Thann, fit la commande de onze autres machines, ce qui porta leur nombre à *vingt-neuf*.

S'associant à la pensée de M. Nicolas Koechlin, la Compagnie de Strasbourg à Bâle fit cette commande à des constructeurs alsaciens.

Voici un passage d'une lettre de M. Bazaine adressée à la Compagnie le 15 mars 1842 et qui résume la situation :

« MM. Nicolas Koechlin et frères, et vous aussi Messieurs, vous avez désiré commander en France vos machines et vous aurez ainsi, plus que toute autre Compagnie de chemins de fer, l'honorable avantage d'avoir contribué à établir dans ce pays une industrie toute nouvelle *qui aura bientôt une très grande importance.* »

« Les chemins de fer d'Alsace, sur 29 machines, n'en auront que 3 d'Angleterre. Les 26 autres sont faites en France et 25 en Alsace même. Ce sont les seules lignes en France où l'on emploie en aussi grande proportion des machines françaises. Cette remarque me paraît avoir quelque importance. Machines françaises, personnel indépendant de l'Angleterre et de la Belgique et recruté presque entièrement en Alsace où nous l'avons formé à mesure que s'exécutait le réseau de ses chemins, voilà ce qui distingue honorablement les chemins de fer d'Alsace. Chaque jour leurs machines et voitures parcourent trois cents lieues avec une régularité aussi parfaite qu'ailleurs et vous avez pu voir que les dépenses d'entretien de ce matériel n'ont rien qui excède celles faites sur d'autres lignes. »

De ces 29 locomotives :

3 ont été commandées à MM. Sharp-Roberts, en Angleterre, et livrées en 1839 ; elles devaient servir de types pour la construction des autres machines ;

1 a été commandée au Creusot et livrée en 1839 ;

3 ont été commandées et livrées en 1839 par MM. Stehelin-Huber et C^ie^, de Bitschwiller ;

20 sont sorties des ateliers André Kœchlin et C^ie^, de Mulhouse, en 1839, 1840 et 1841 ;

2 ont été commandées, sur les propositions de MM. Bazaine et Chaperon, aux ateliers J.-J. Meyer, de Mulhouse, et livrées en 1842. Elles furent les premières auxquelles J.-J. Meyer appliqua avec succès le système de détente variable de son invention.

Toutes ces machines étaient à trois essieux et à roues libres, sauf une seule à trois essieux dont deux couplés (la machine ***Thann***, de Stehelin et C^ie^.

Diamètre des roues motrices : généralement 1,675 *m* ; pour 9 machines 1,82 *m* et pour les machines Meyer 1,85 *m*.

Diamètre des cylindres : 0,33 *m* pour 8 machines ; 0,305 pour les autres, sauf pour les machines Meyer dont les cylindres avaient 0,38 *m* de diamètre.

Course du piston : 0,46 *m* généralement.

Poids des machines vides : 13 à 14 tonnes.

Poids des tenders : vides, 4 500 à 5 000 *kg* ; pleins, 9 000 à 10 000 *kg*.

Pression en atmosphères : 4 1/2 à 5.

Surface de chauffe : 41 à 43 m^2.

C'est une machine alsacienne, le *Napoléon*, sortie des ateliers André Kœchlin et C^ie^, qui fit le premier voyage de Mulhouse à Thann.

Elle faisait honneur à ses constructeurs, mais on lui reprocha, à elle et à quelques-unes qui suivirent, une consommation de combustible supérieure à celle des machines anglaises. Ces dernières brûlaient 11 à 11,5 *kg* de coke par kilomètre parcouru, le *Napoléon* et autres en brûlaient 14. Comme le coke coûtait au moins 60 *f* la tonne, la dépense en combustible revenait à 0,84 *f* par kilomètre parcouru, ce qui était un chiffre très élevé qui heureusement subit des réductions.

Les machines anglaises avaient une surface de chauffe de 41 à 42 m^2, dont 5 *m* de foyer et 36 à 37 pour les tubes. Le *Napoléon* avait 53 m^2 de surface de chauffe, dont 6 de foyer et 47 de tubes. On réduisit la surface de chauffe de ces premières machines par le relèvement de la grille du foyer et on obtint une diminution dans la consommation de combustible.

Une autre modification importante a été introduite à la même époque dans les locomotives. On a donné du recouvrement aux tiroirs de distribution suivant le système Sharp-Roberts, afin d'obtenir plus de détente, sans diminuer sensiblement la puissance de la machine. Cette modification, appliquée surtout aux machines à cylindres de 0,33 *m*, amena une notable économie dans la consommation de combustible et de vapeur. C'est ainsi que le *Rhin*, machine d'André Kœchlin et C^ie^, a passé d'une consommation de 14,75 *kg* à 8,21 à la suite des deux modifications dont il vient d'être parlé.

Les machines J.-J. Meyer, avec leur détente variable et leurs autres améliorations, consommaient 33 0/0 de moins que les autres machines. Cette économie remarquable fut le signal d'autres améliorations dues à l'émulation qu'elle excita entre les mécaniciens et les constructeurs. C'est ainsi que, de 1839 à 1843, on obtint pour la consommation de combustible, allumage et stationnement compris, les chiffres successivement réduits de 14 *kg* — 12,30 — 11,18 — 9,44 — 8 et 6,36 *kg* par kilomètre.

Ces renseignements pourront être plus étendus en parlant de la ligne de Strasbourg à Bâle.

Le prix moyen payé pour une locomotive avec son tender peut être fixé à 50 000 *f*. C'est à ce prix environ que sont revenues les machines anglaises, en y comprenant les frais de transport en Alsace.

MM. Nicolas Kœchlin et frères ont fait venir de Belgique une dili-

gence, un char-à-bancs et un wagon en usage sur les chemins de fer belges, afin de servir de types. Ils ont commandé une berline à Paris. Tout le reste du matériel roulant a été commandé en Alsace.

Les planches 59 et 60 de l'atlas des *Chemins de fer d'Alsace* représentent les voitures de voyageurs de 1re et 2e classe. Les voitures de 3e classe ne diffèrent des chars-à-bancs que parce qu'elles étaient découvertes.

Les voitures de voyageurs ne pesaient guère que 3000 à 3300 *kg*. Les premiers wagons à marchandises ne pesaient guère plus de 2500 *kg*: c'étaient les poids du matériel employé en Belgique.

Production du pétrole. — La production totale du pétrole dans le monde peut être estimée actuellement à 2 milliards de gallons, ce qui équivaut environ à 6 millions de tonnes, dont la moitié est fournie par les États-Unis.

La région de la mer Cas pienneproduit environ 420 millions de gallons, soit un peu plus d'un quart; le reste est fourni par diverses contrées dont les plus importantes sont la Gallicie pour 36 millions de gallons, le Canada pour 25, la Birmanie pour 7, etc.

L'exploitation commence seulement au Canada et en Birmanie, et il est impossible de prévoir le développement qu'elle peut atteindre dans ces contrées, dès que les moyens de transport s'y seront perfectionnés. Le bassin pétrolifère de la rivière Mackensie est probablement le plus riche du monde, mais il est à 400 milles au nord du *Pacific Canadian* et sans communication directe avec lui. Dès que les difficultés du transport auront été écartées et qu'on pourra avoir l'huile à bon marché, elle deviendra évidemment dans tout le Canada et la région voisine des États-Unis un formidable rival pour le charbon, notamment pour les usages métallurgiques où son absence de soufre la rendra d'un usage précieux.

Pont en béton. — Le Bulletin de la *Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche* donne des détails sur un pont de chemin de fer établi dans le système Monier, à Matzleinsdorf, dans la Basse-Autriche.

Le système Monier est caractérisé par l'insertion dans le béton de treillis métallique formé de fils de fer entrelacés.

Le pont dont il est question a 10 *m* d'ouverture libre, 1 *m* de flèche, 0,15 *m* d'épaisseur à la lé et 0,20 *m* aux naissances. Dans le béton est noyé un treillis de fils de fer entrelacés de 10 et 7 *mm* de diamètre, ce treillis s'arrête à 0,02 *m* de l'intrados de la voûte.

Le béton est composé de une partie de ciment de Portland et de trois parties de sable du Danube lavé, on le met par couches de 0,20 *m* d'épaisseur, et on le pilonne.

L'épreuve a été faite d'abord avec une charge de rails, puis avec un train. Les observations faites à huit endroits de l'intrados ont fait constater une flexion de 2 *mm* environ qui a disparu presque entièrement après l'enlèvement de la charge. La Compagnie de la *Sud-Bahn*, sur les lignes de laquelle se trouve ce pont, va en faire établir d'autres dans le même système.

Procédé de trempe de l'acier. — Le capitaine C. Feodosieff, de Saint-Pétersbourg, inspecteur des matériaux employés dans les constructions navales du gouvernement russe, a proposé d'employer la glycérine tant pour la trempe que pour le recuit de l'acier, de l'acier coulé et de la fonte.

La densité de la glycérine peut être variée de 1,08 à 1,26 à 15 degrés centigrades par l'addition d'une plus ou moins grande quantité d'eau, selon la composition de l'acier et le but à réaliser. Il faut un poids de glycérine égal à six fois au moins celui des pièces à y plonger; la température du bain peut être portée de de 15 à 200 degrés, selon la nature de l'opération à exécuter. On peut ajouter à la glycérine divers sels pour augmenter l'effet recherché. Ainsi, pour les trempes dures, on peut mettre de 1 à 34 0/0 de sulfate de manganèse, ou 1/4 à 4 0/0 de sulfate de potasse.

Pour les trempes douces, on additionne la glycérine de 1 à 10 0/0 de chlorure de manganèse ou de 1 à 4 0/0 de chlorure de potassium.

Ce procédé est décrit en détail dans un mémoire lu récemment par M. Watson Smith, à l'*University College*, à Londres.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Décembre 1889.

Rapport de M. Voisin Bey sur **un nouveau type de brise-lames**, ou digue à la mer, présenté par M. Nielly.

L'objet de ce brise-lames est de détruire, par l'absorption, les effets désastreux de la vague en avant même de l'ouvrage et dans l'endroit qui reçoit le premier choc. Il est formé d'un grillage en fer ou en bois disposé d'une façon particulière.

Le rapporteur estime que l'idée du brise-lame absorbant imaginé par M. Nielly repose sur une conception ingénieuse et que l'efficacité du nouveau type d'ouvrage, au point de vue, de l'amortissement des lames parait probable, tout au moins autant qu'il est permis d'en juger d'après les résultats d'expériences faites sur un modèle au centième.

S'il ne parait pas susceptible d'être appliqué pratiquement dans la construction des môles d'abri des ports, il pourrait trouver d'utiles applications pour d'autres ouvrages, tels que les talus brise-lames, ou les travaux de défense des côtes contre la mer.

Rapport de M. Schlemmer sur la notice intitulée **Matériel destiné à l'enseignement de la géométrie descriptive et de la perspective** par M. Armengaud aîné.

Ce matériel se compose de deux appareils principaux qui sont : 1° un dièdre constituant les plans de projection formé de tôles noircies perforées d'un trés grand nombre de trous ; 2° des fils de caoutchouc représentant les droites ou les génératrices des surfaces.

Les deux tôles assemblées à charnières, lorsqu'elles sont à angle droit, permettent de tracer les projections et, lorsqu'elles sont ensuite rabattues dans le même plan, donnent l'aspect du tracé géométrique de l'épure. Les plans auxiliaires peuvent se faire également en tôle perforée et être disposés à charnière pour permettre le rabattement.

Rapport de M. Prillieux sur **le pulvérisateur** de M. Bourdil.

Ce pulvérisateur, destiné au traitement de la vigne par le mélange de lait de chaux et de sulfate de cuivre connu sous le nom de bouillie bordelaise, est formé d'une canule métallique enveloppée par une gaine en caoutchouc et terminée par un biseau triangulaire. L'appareil est monté directement sur un corps de pompe. Le liquide, chassé par la pompe est laminé entre la canule, la membrane élastique et le biseau et sort en lame pulvérulente. Les essais faits avec de la bouillie à 6 0/0

de sulfate de cuivre et 6 0/0 de chaux ont donné des résultats très satisfaisants.

Production mécanique et utilisation du froid artificiel, par M. G. Richard, ingénieur civil des Mines. *(suite).*
Voir comptes rendus de janvier 1890, page 130.

Progrès accomplis dans l'application de la force hydraulique, par G. Cochrane. (Traduit de l'*Institution of Mechanical Engineers.*)

Trempage de l'acier par l'électricité. (Traduit de l'*Engineering.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Novembre 1889.

Notice sur les **fondations à l'air comprimé du nouveau port de La Pallice**, à La Rochelle, par MM. Thurninger, Ingénieur en chef des ponts et chaussées. et Coustolle, Ingénieur des ponts et chaussées.

L'ensemble des travaux du port de La Pallice, entrepris en vertu de la loi du 2 avril 1880, comprend :

Un bassin à flot de 11,5 *h* de superficie, creusé à 4 *m* de profondeur sous le zéro des cartes marines, bordé de quais verticaux et munis de deux formes de radoub ; d'une écluse à sas de 22 *m* de largeur et 165 *m* de longueur, utile, et enfin d'un avant-port abrité par deux jetées en maçonnerie dont l'une s'avance jusqu'aux fonds de 5 *m* sous les plus basses mers, l'autre s'arrête aux fonds de 2,50 *m* en laissant entre son musoir et la jetée opposée une passe d'entrée de 90 *m* de largeur.

L'objet de la notice est de rendre compte de l'emploi de l'air comprimé pour les fondations en mer des jetées dont il vient d'être question.

Ces jetées, dont la longueur au-delà de la laisse des plus basses mers est de 316 *m* jusqu'aux fonds de 5 *m* pour la jetée sud, et de 108 *m* jusqu'aux fonds de 2,50 *m* pour la jetée nord, devaient être fondées sur de grands blocs parallélipipédiques de 20 *m* environ de longueur, 8 de largeur, et avec hauteur variable suivant la cote d'implantation, maçonnés avec mortier de ciment portland sur le fond préalablement dressé à la rencontre d'un banc de rocher vif.

Ces blocs, arasés à la cote 1,50, devaient être réunis par des voûtes de 3 *m* d'ouverture et recevraient le corps de la jetée.

Ces blocs de fondation furent construits sur place par nos collègues, MM. Zschokke et Terrier, avec l'aide d'nn caisson mobile, en tôle, échoué sur le fond et convenablement lesté, à l'intérieur duquel l'air comprimé permettait de travailler à sec.

Ce caisson avait 22 *m* de longueur, 10 de large et 3,80 *m* de hauteur;

il était divisé dans le sens vertical en deux parties, la chambre de travail à la partie inférieure et une chambre d'équilibre étanche au-dessus, laquelle chambre pouvait être remplie d'eau ou d'air suivant que l'appareil était échoué ou qu'il flottait.

Quatre cheminées partaient de la chambre de travail, traversaient la chambre d'équilibre, s'élevaient jusqu'au-dessus d'une plate-forme supportée par une charpente métallique montée sur le caisson et se terminaient par des écluses à air.

Voici comment on a procédé au moyen de ce caisson. Celui-ci étant échoué a la place convenable, on commence par déblayer les premières couches de roche tendre, toujours plus ou moins fissurées et désagrégées, pour mettre à découvert un banc de rocher suffisamment résistant et l'on implante le bloc en exécutant une première couche de maçonnerie de 0,70 à 0,80 *m* d'épaisseur. Cette couche terminée, on soulève le caisson de 0,40 *m* environ au moyen de puissants vérins, placés et manœuvrés dans la chambre de travail, qui prennent leur point d'appui sur la maçonnerie déjà exécutée ; on fait une seconde couche de 0,40 d'épaisseur, et ainsi de suite jusqu'au niveau des basses mers. Le bloc achevé, on déleste le caisson, on le fait flotter et on le conduit à l'emplacement du bloc suivant.

Les blocs une fois terminés ont été rendus jointifs par un procédé consistant à prolonger la voûte qui recouvre l'entre-deux jusqu'à l'aplomb des parements longitudinaux des blocs, à percer cette voûte d'une ouverture recevant une cheminée terminée par une écluse à air, à fermer l'intervalle par des panneaux métalliques reliés par des tirants, et à introduire de l'air comprimé dans la chambre ainsi formée dont tous les joints ont été préalablement étanchés. On remplit alors de maçonnerie l'intervalle des blocs.

La dépense par mètre courant de fondation arasée à la cote 1,50 ressort, pour la jetée sud établie par fonds de 0 à 2,50 *m* à 3 006 francs par mètre courant, pour la jetée nord établie par fonds de 0 à 5 *m* à 3 713 francs, soit, pour l'ensemble des deux jetées, à 3,522 francs.

Cosnier et les origines du canal de Briare, par M. Lèbe Gigun, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le canal de Briare est le premier de tous les canaux à point de partage qui ait été construit en Europe. Il fut concédé à Hugues Cosnier par lettres patentes du 11 mars 1604, moyennant la somme de 505 000 livres à payer à l'adjudicataire en six payements égaux, de six mois en six mois, les travaux devant durer trois ans. Mais le tracé primitif dut être modifié et les conditions de l'adjudication se trouvant complètement changées, au lieu d'un forfait, Cosnier obtint que ses ouvrages seraient « payés selon leur juste valeur ».

Après la mort de Henri IV les travaux furent suspendus et la mort de Cosnier survenue en 1629 ne lui permit pas d'achever lui-même le canal qui fut terminé en 1642, par une compagnie fondée par Guillaume Boutheroue et Jacques Guyon.

On trouvera, dans la notice dont nous nous occupons, de curieux détails sur les difficultés que rencontraient à cette époque les entrepreneurs de

travaux publics pour accomplir leur tâche, en présence de l'hostilité des propriétaires riverains.

On sait que le canal de Briare a été racheté par l'État en 1860 et a été mis depuis cette époque aux dimensions que comportent aujourd'hui les grandes voies navigables.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *1er février 1890.*

Les moteurs à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par H. Ebbs.

Vitesse la plus convenable de l'eau dans les conduites pour les élévations d'eau, par P. Willner.

Nouveautés dans la construction des machines-ou. 1. Machines à mouler, 2 machines à forger, par H. Fischer.

Groupe du Rhin inférieur. — Fabrication du sucre de betteraves.

Groupe de Thuringe. — Chaudières système Vonhof.

Réunion générale de l'Association des maîtres de forges allemands à Dusseldorf le 12 janvier 1890 : Introduction de wagons d'un tonnage plus élevé et voie des chemins de fer de l'État prussien. — Substitution de la houille au coke dans les hauts fourneaux.

Patentes.

Bibliographie. — Distribution des machines à vapeur, par E. Blahn.

Variétés. — Chemin de fer de la Jungfrau. — Pont dans le système Monier. — Société mathématique de Hambourg.

N° 6. — *8 février 1890.*

Chemin de fer du Hollenthal, par H. Bissinger.

Les moteurs à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par H. Ebbs *(suite)*.

Nouveautés dans la construction des machines-outils. — III. Machines à raboter, par P. Willner.

Groupe de Berlin. — Carboline. — Distribution de force motrice par l'air comprimé à Paris.

Groupe de Mannheim. — Exposition universelle de Paris en 1889. — Chemin de fer funiculaire de Heidelberg.

Patentes.

Variétés. — Garnitures de presse-étoupes. — Exposition d'appareils pour la prévention des accidents, à Amsterdam.

N° 7. — *15 février 1890.*

Chemin de fer du Hollenthal, par H. Bissinger *(fin)*.

Vitesse la plus convenable de l'eau dans les conduites pour les élévations d'eau, par P. Wilner *(fin)*.

Ventilation artificielle des navires et des chambres de chauffe, par Uthemann.

Calcul de la dépense de vapeur d'une machine, par R. Krause.

Prix décerné pour un monte-courroies.

Groupe de Mannheim. — Extraction du soufre des marcs de soude.

Groupe de Thuringe. — Suppression de la fumée dans les villes.

Patentes.

Bibliographie. — État du service des patentes d'invention dans le monde de 1887 à 1889, par A. Bojanowski. — Manuel de dynamique des corps solides, par R. Klimpert.

N° 8. — *22 février 1890.*

Le nouveau bateau à vapeur *Stadt Luzern*, du lac des Quatre-Cantons, par Escher, Wyss et C^ie^, à Zurich.

Changement de marche pour machines et notamment locomotives compound avec réglage automatique des admissions convenables aux deux cylindres pour les deux sens de la marche, par M. Kuhn.

Moteur à gaz à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par H. Ebbs *(suite)*.

Calcul des efforts qui s'exercent sur les diverses parties des chaudières, par O. Knaudt.

Recherches sur les propriétés du métal magnolia, au point de vue de son emploi dans la construction des machines.

Patentes.

Bibliographie. — Annuaire de l'industrie du papier, par le D^r^ E. Muth.

Correspondance. — Réducteurs de course pour indicateurs. — Augmentation de la pression dans les machines compound.

Variétés. — Coup d'œil sur la marche des écoles techniques supérieures de l'empire allemand pendant le semestre d'hiver de 1889-90. — Navigation sur les canaux. — Travaux de Hambourg. — Exposition d'art militaire. — Pont du Forth.

BIBLIOGRAPHIE

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris 1889, par J. Buchetti. Un volume in-4° avec album de 40 planches, chez l'auteur, 11, rue Guy-Patin, à Paris.

La Société a reçu de M. Buchetti son nouveau livre *les Machines à vapeur à l'Exposition universelle de 1889*. On sait que notre collègue s'est acquis depuis plusieurs années une réputation méritée par la publication d'une série d'ouvrages sur la grande question des machines à vapeur industrielles.

Le premier en date, *les Machines à vapeur actuelles*, a paru peu après l'Exposition universelle de 1878 ; c'est en réalité un traité complet de la construction des moteurs à vapeur ; tous les systèmes connus alors y sont décrits en détail avec les calculs d'établissement et de résistance, les épures de distribution, etc.

Cet ouvrage a été complété un peu plus tard par un *Supplément* donnant la description de quelques types de machines apparus postérieurement à la publication du *Traité* ; on y trouve, entre autres, signalée l'application de la triple expansion aux moteurs fixes.

En 1885, l'auteur a fait paraître un *Guide pour l'essai des machines à vapeur*, ouvrage d'une grande utilité pratique dont nous avons rendu compte à la Société des Ingénieurs civils dans la séance du 10 avril 1885. Ce guide remplissait à notre avis une véritable lacune en réunissant la description et les indications les plus complètes relativement à l'usage des appareils servant aux expériences pratiques sur les moteurs à vapeur, tels que indicateurs, freins dynamométriques, etc, des systèmes les plus perfectionnés et les plus variés.

L'ouvrage que nous présentons aujourd'hui *les Machines à vapeur à l'Exposition universelle de 1889*, a pour objet de faire connaître les types nouveaux qui figuraient en si grande quantité à cette magnifique solennité artistique, scientifique et industrielle qui a surpassé en importance tout ce que le monde avait vu jusque-là d'analogue. Nous ne saurions indiquer ici, même approximativement, le nombre de moteurs à vapeur que refermaient la galerie des machines, les stations d'éclairage, les autres services auxiliaires, les annexes, etc. Il est certain que cette collection dépassait tout ce qu'on pouvait imaginer par le nombre et la variété des types ; on y trouvait réunies, pour ne parler que de deux exemples pris aux extrémités, pour ainsi dire, de l'échelle : la classique machine à balancier de Woolf, à marche lente et majestueuse, exposée par notre collègue rouennais M. E. W. Windsor, jusqu'à la rapide machine

pilon ramassée sur elle-même et actionnant directement une dynamo.

Il n'est pas besoin d'insister longuement sur l'importance du service que M. Buchetti rend aux constructeurs et aux ingénieurs en publiant un ouvrage de ce genre. En dehors de l'avantage que trouvent les intéressés a posséder l'anatomie d'un appareil qu'on ne pouvait, sauf exception, apprécier à l'Exposition que par sa disposition générale et extérieure, le fait d'avoir réuni dans un même ouvrage des documents qu'on ne pourrait se procurer, et encore, qu'en consultant une foule de revues périodiques, et cela quelques mois seulement après l'Exposition, doit doublement faire apprécier le travail considérable effectué si rapidement par notre collègue.

L'industrie de la construction des machines à vapeur a toujours eu une importance considérable. Un siècle s'est écoulé depuis l'apparition du premier moteur industriel, la machine à vapeur à double effet et à rotation de Watt et trois quarts de siècle depuis l'introduction du moteur de fabrique en France, par Edwards et autres.

Quels progrès se sont produits depuis lors et quel développement toujours croissant a pris cette grande industrie, malgré les efforts faits pour la supplanter et en dépit des sinistres prophéties émises à son égard ! Si, comme le disait il y a quelques années notre éminent collègue sir Frédéric Bramwell, *la machine à vapeur jouit de son reste*, on conviendra du moins que ce reste se manifeste d'une manière singulièrement brillante. Mais la construction des machines à vapeur a reçu récemment une impulsion énergique qui lui a pour ainsi dire infusé une nouvelle vie, laquelle semble devoir retarder considérablement l'échéance fatale signalée tout à l'heure: nous voulons parler du développement de l'éclairage électrique dont l'influence, qui a été remarquable sur l'ensemble des industries mécaniques, s'est fait sentir au plus haut degré sur la construction des moteurs à vapeur.

En effet, non seulement la production mécanique de l'électricité a amené une demande considérable de moteurs pour les nombreuses installations qui ont surgi de toute part, mais cette demande s'est surtout faite sous des conditions et des exigences particulières. Il fallait, d'une part, de puissantes machines pouvant travailler sous des charges très différentes, sans variation sensible de vitesse; de l'autre, la nécessité de loger les appareils dans des emplacements souvent très restreints exigeait des moteurs à très grand nombre de tours actionnant quelquefois directement les machines électriques et remplissant d'ailleurs les mêmes conditions impérieuses de régularité. Dans l'un et l'autre cas, la question de l'économie de combustible jouait un rôle capital. On peut, par cet aperçu sommaire, apprécier quel stimulant le développement de l'éclairage électrique a pu apporter dans l'industrie des machines à vapeur.

La classification des divers systèmes de moteurs à vapeur peut être entreprise à divers points de vue. On peut partir de la disposition générale de la machine, du mode de transmission de l'effort entre la tige du piston et l'arbre du volant, du mode d'action du fluide moteur dans un ou plusieurs cylindres, etc. Que l'on adopte l'une ou l'autre de ces bases, on se trouvera toujours en présence d'un très petit nombre de divisions.

M. Buchetti a préféré établir sa classification sur le système de distribution et de détente indépendamment du mode d'action de la vapeur. En effet, la manière dont la vapeur est distribuée dans les cylindres constitue la différence la plus caractéristique entre les divers systèmes, et c'est ce point qui a le plus d'influence sur l'efficacité du moteur. Il n'est donc pas étonnant que les constructeurs de machines se soient ingéniés depuis longtemps et continuent à s'ingénier pour trouver des organes ou des combinaisons remplissant les diverses conditions exigées des distributeurs, tels que, admission variable suivant la puissance à produire, ouverture et fermeture rapide des orifices, faible résistance au déplacement, résistance à l'usure, etc.

L'auteur a donc divisé les machines qu'il étudie en cinq classes qui forment chacune un des chapitres suivants:

I. — Machines à tiroirs, plans ou cylindriques, conduits par l'excentrique circulaire fixe;

II. — Les mêmes, mais dont l'excentrique est mobile par l'action du régulateur;

III. — Les machines à robinet distributeur à mouvement continu, du système Bietrix et autres;

IV. — Les machines à quatre distributeurs plans ou rotatifs, mues par un mécanisme à déclic, genre Corliss.

V. — Les machines à distribution par quatre soupapes.

Nous allons passer très rapidement en revue ces cinq catégories.

Première catégorie. — Les machines à tiroirs plans sont très anciennes; ce distributeur remonte presque à l'origine de la machine à vapeur; il a été promptement approprié à la détente variable par l'introduction des tiroirs superposés d'une foule de systèmes dont les types Farcot, Meyer, etc., sont les plus connus.

Le tiroir cylindrique ou à piston est également très ancien. On le trouve, vers 1825, dans la machine horizontale de Taylor et Martineau. Son usage s'est beaucoup développé depuis quelques années avec l'élévation des pressions de marche, parce qu'il constitue un tiroir naturellement équilibré.

L'usage des tiroirs se maintient en face des distributeurs plus compliqués, surtout pour les machines à détente en cylindres multiples; c'est d'ailleurs à peu près le seul organe admissible dans les machines à grande vitesse.

Nous citerons, parmi les moteurs dont les distributions sont comprises dans cette catégorie, les machines Cail, Sautter-Lemonnier et C°, Davey Paxman, du Phœnix, Escher Wyss et C°, Bonjour, Société Alsacienne, Société de construction mécanique de Bâle, Brown, Queruel, Chaligny, Compagnie de Fives-Lille, etc.

Sans entrer dans aucun détail sur ces distributions, nous nous contenterons de signaler la grande variété des dispositions cinématiques et mécaniques réalisées par ces divers constructeurs et dont quelques-unes sont très remarquables.

Deuxième catégorie. — Les machines de la seconde classe sont caractérisées par la présence d'un régulateur de grande puissance installé dans le volant et agissant directement sur l'excentrique qui donne le mouvement au tiroir, pour en changer le calage et la course. Cette disposition, relativement récente et applicable seulement aux machines fonctionnant à une vitesse assez élevée, amène une notable simplification dans la disposition des moteurs, elle supprime des intermédiaires compliqués et délicats, et rend le caractère des machines plus rustique et plus robuste.

Cette catégorie comprend plusieurs machines Farcot, dont une à triple expansion, les machines Sweet, Lecouteux et Garnier, Boulet, Société d'Oerlikon, Deville-Chatel, Sulzer, Société de Winterthur, etc.

Troisième catégorie. — Ce chapitre ne comprend guère que les divers modèles exposés par MM. V. Bietrix et C^ie^, et dont le point commun est l'emploi pour la distribution d'une sorte de grand robinet conique actionné au moyen de roues dentées par l'arbre du volant. Les distributeurs de ce genre sont fort anciens; Maudslay, en Angleterre, Cavé chez nous, les ont employés presque dès l'origine de la machine à vapeur, mais les excellentes dispositions pratiques adoptées par M. Bietrix paraissent donner les résultats les plus satisfaisants. Ce distributeur a l'avantage de se prêter, sans aucune complication et avec un unique organe, à l'emploi sur des machines à cylindre multiples, jumelles, Compound ou Woolf-tandem.

Quatrième catégorie. — On trouve dans ce chapitre les machines à quatre distributeurs et déclics, genre Corliss.

La distribution à déclic est la première usitée ; les vieilles machines de Watt avaient d'abord des soupapes mues par déclanchement. Ce système conservé dans les célèbres machines de Cornouailles fut appliqué aux machines à rotation, sous une forme spéciale, par Corliss, il y a bien des années, et ce type est devenu le point de départ d'une infinité de modèles dont chaque Exposition voit grossir le nombre. Dans cette classe se trouvent décrites les machines Farcot; du Creusot; Berger-André; le type Frikart qui figure sur les machines de la Société Alsacienne, d'Escher, Wyss et C^ie^; la machine Powell à triple expansion; le système Wheelock exposé par M. de Quillaçq, etc.

Cinquième catégorie. — Ce dernier chapitre comprend uniquement les machines à distribution par soupapes. Les soupapes, comme nous le disions plus haut, constituent le plus ancien organe de distribution ; elles ont été fréquemment employées depuis dans les machines d'extraction, machines soufflantes, machines de bateaux de rivières, et quelquefois de mer, etc., avec commande par cames ou buttoirs, mais MM. Sulzer les ont appliquées dès 1867 avec un mécanisme à déclic d'un modèle excellent et en ont obtenu des résultats si favorables que plus de 3000 machines ont été exécutées sur ce modèle depuis cette époque. C'est le meilleur et le plus laconique éloge qu'on puisse en faire.

On trouve décrites ici la machine Compound, la machine horizontale à triple expansion et la machine verticale, également à triple expansion, de MM. Sulzer, la machine Sulzer de MM. Carels, de Gand, la Com-

pound de la Société de Construction Mécanique de Bâle, et enfin la machine à un seul cylindre de M. Windsor.

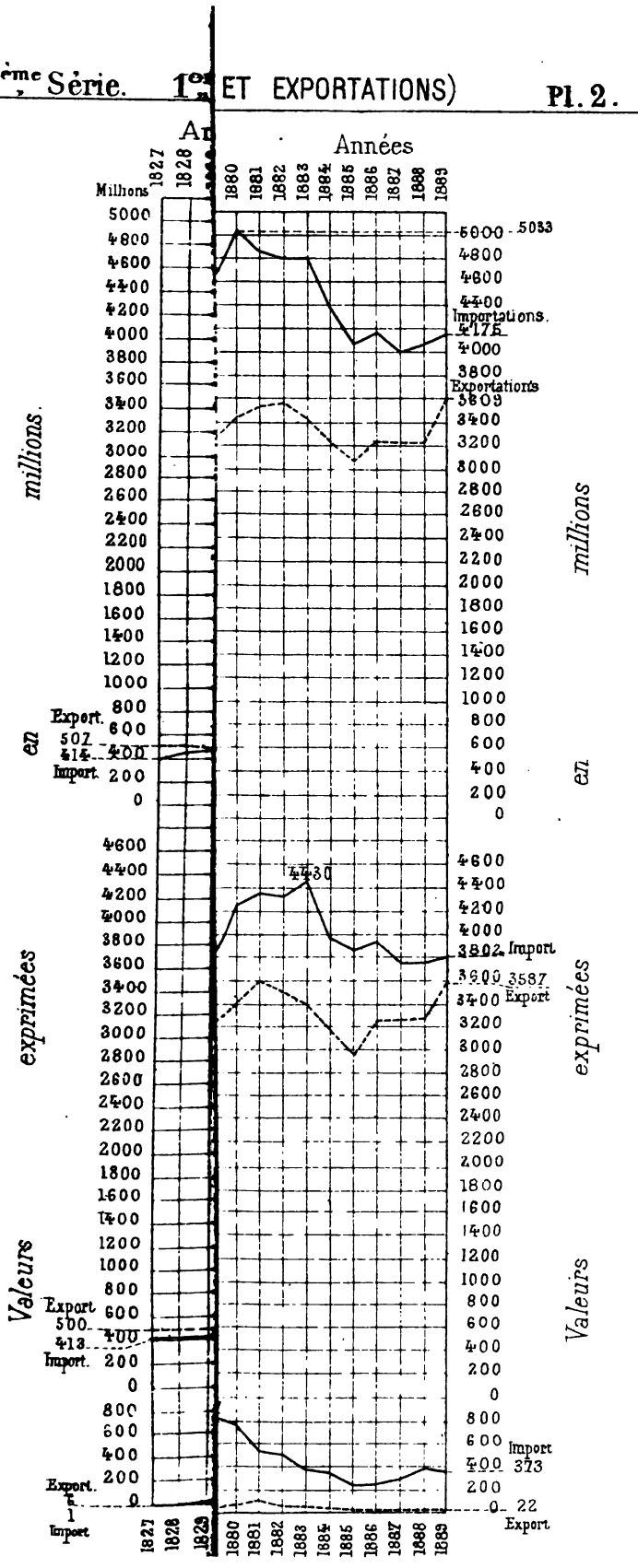
En dehors de nombreuses figures et de plusieurs phototypies jointes au texte, l'ouvrage dont nous nous occupons est accompagné de 40 planches contenant des figures d'ensemble et de détail des diverses machines et qui rendent facile l'intelligence du texte.

Nous croyons superflu d'ajouter aucune recommandation en faveur de l'ouvrage de notre collègue, la simple énumération qui précède des matières traitées en fait suffisamment comprendre le but et l'utilité.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 0149-3-90.


Années
1827 1828 1829 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889
Millions
millions.
en
exprimées
Valeurs
5033
Importations.
4175
Exportations
3809
4430
Import.
3802
3587
Export
Export.
507
414
Import.
Export.
413
Import.
Import
373
Export.
1
Import
22
Export

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1890

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars 1890 :

1° *Décès* de MM. L. Poupard, Ch. Bonnin, H. Rouit, Charpentier de Cossigny (Séances des 7 et 21 mars, pages 261 et 273).

2° *Dons* de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séance du 7 mars, page 261).

3° *Machines à vapeur à l'Exposition universelle de 1889 (Les)*, ouvrage de M. Buchetti (Séance du 7 mars, page 262).

4° *Congrès international de sauvetage* (Séance du 7 mars, page 262).

5° *Prix décernés par la Société d'Encouragement* (Séance du 7 mars, page 262).

6° *Exposition d'électricité à Edimbourg en 1890* (Séance du 7 mars, page 262).

7° *Adresse remise par les Ingénieurs espagnols au sujet de leur réception pendant l'Exposition universelle de 1889* (Séance du 7 mars, page 262).

8° *Tirage forcé et son application aux chaudières marines*, par M. M. Demoulin (Séance du 7 mars, page 263).

9° *Tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus*, par M. C. Jouffray. (Séance du 7 mars, page 268).

10° *Membres correspondants (Lettres d'acceptation de)* (Séance du 21 mars, page 273).

11° *Gare de Bucharest (Résultat du concours pour la construction de la)* (Séance du 21 mars, page 274).

12° *Congrès des Sociétés savantes en 1890* (Séance du 21 mars, page 274).

13° *Défauts du verre et les moyens de les reconnaître*, par M. L. Appert (Séance du 21 mars, page 274).

14° *Résistance des matériaux. Essai de méthode élémentaire commune aux ponts rigides et aux ponts articulés*, par M. N. de Tédesco (Séance du 21 mars, page 278).

15° *Tirage forcé* (Discussion des mémoires de MM. M. Demoulin et C. Jouffray), par MM. Michel Perret et A. Lencauchez (Séance du 21 mars, page 282).

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

31489 — De M. le Ministre des Travaux publics. *Chemins de fer français. Documents statistiques relatifs à l'année 1886.* Grand in-4° de 166 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31490 — De MM. Pradelle frères. *Grande exploitation des carrières de Chomérac (Ardèche). Notice et documents. Exposition universelle de Paris 1889.* In-8° de 35 p. Montélimar, Bourron, 1889.

31491 et 31492 — De M. J. Buchetti (M. de la S.). *Les Machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris 1889.* Texte in-4° de 143 p. et atlas grand in-4° de 40 pl. Paris, chez l'auteur, 1890.

31493 à 31495 — De M. E. Loisel (M. de la S.). *Annuaire spécial des chemins de fer belges, tomes V, VI et XIV.* Grand in-8°. Bruxelles, C. Bruyant, 1872, 1873, 1887-1888.

31496 — Du même. *Tableaux graphiques. Chemins de fer belges et étrangers.* Grand in-8°, 1878.

31497 et 31498 — Du même. *Description du perforateur de précision de M. F. Loisel.* Paris, A. Bourdier, 1864. Grand in-8° de 4 p. avec pl. 2 exemplaires.

31499 — Du même. *Quelques réflexions sur la réforme des tarifs.* Grand in-8° de 21 p. Bruxelles, Bruyant-Christophe, 1878.

31500 et 31501 — Du même. *Droits et obligations des voyageurs, des expéditeurs et des destinataires.* In-12 de 128 p. Bruxelles. Bruyant-Christophe, 1875, 1re et 2e éditions.

31502 et 31503 — De M. L. Durassier (M. de la S.). *L'Ecole professionnelle des Ternes pour jeunes filles.* In-8° de 16 p. Paris, Chaix, 1889, 2 exemplaires.

31504 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S,). *L'arbre, la manivelle, la bielle et le volant. Régularisation du mouvement et diminution du frottement dans les appareils à simple effet. Dynamomètre de transmission pour les grandes vitesses.* In-8° de 23 p. Paris, Chaix, 1890.

31505 — De M. J. Henrivaux (M. de la S.). *La Verrerie à l'Exposition Universelle de 1889.* In-4° de 34 p. Coulommiers, P. Brodard et Gallois, 1889.

31506 et 31507 — De l'Engineering et de l'Industries. « *The Forth Bridge* ». Numéros spéciaux.

31508 à 31511 — De M. L. Pénau. 4 brochures relatives aux *Mécaniques rotatives et aux mécaniques à réglage rapide pour pianos*. Brest, Gadreau, 1887 et 1889.

31512 — De M. E. Kolb. *Annuaire des Mines et de la Métallurgie*. Grand in-8° de 856 pages. Paris, E. Kolb, 1890.

31513 — De M. A. Vaillant (M. de la S.). *Magasins et logements de la Société civile coopérative de consommation du XVIII^e arrondissement de Paris, 14, rue Jean-Robert*. In-8° de 45 pages. Paris, Imprimerie nouvelle, 1890.

31514 — De M. Ch. Henry. *Sur le principe de la graduation d'un thermomètre physiologique*. In-8° de 4 pages. Paris, G. Née, 1890.

31515 — De l'*Association française pour l'avancement des sciences. Compte rendu de la 18^e session*. 1^re partie. Grand in-8° de 480 pages. Paris, G. Masson, 1889.

31516 — Du *Canadian Institute. Annual Report, session 1888-1889*. In-8° de 118 pages. Torento, Warwick et Sons, 1889.

31517 — De M. E. Jacobsthal. *Rückblicke auf die baukünstlerischen Prinzipien Schinkels und Böttichers*. Grand in-8° de 20 pages. Berlin, von Denter et Nicolas, 1890.

31518 et 31519 — De M. P. Arrault (M. de la S.). *Outils et procédés de sondage*. Texte in-8° de 48 pages et atlas in-8° de 35 planches. Paris, P. Lelong, 1890.

31520 — De M. P. Willemin. *Les traverses en fer Z*. Feuille in-4°. *L'Ingénieur-Conseil*, Bruxelles, 1890.

31521 — De M. V. Kozlov. *Notice sur le diagrammomètre*. Grand in-8° de 8 pages. Paris, E. Capiomont et C^ie, 1889.

31522 — De M. N. P. Raffard (M. de la S.). *Les Yachts de course. Barrage flottant articulé. Frein de roulis. Self-acting godille ou paracalme*. In-8° de 20 pages. Paris, Chaix, 1890.

31523 — De M. Gruner (M. de la S.). *Congrès international des accidents du travail. Bulletin du Comité permanent*, n° 1. In-8° de 37 pages. Paris, Secrétariat général du Comité, 1890, 37, boulevard Magenta.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2038 — De M. H. Brivet (M. de la S.). *L'Aluminium à l'Exposition de 1889*.

2039 — De M. M. Demoulin (M. de la S.). *Le Tirage forcé et son application aux chaudières marines*.

2040 — De M. L. Boudenoot (M. de la S.). *Rapport sur les travaux du Congrès de mécanique appliquée en 1889*.

2041 — De M. L. Soulerin (M. de la S.). *Nouveau système de freins pneumatiques pour chemins de fer, 5e partie* (suite et fin).

2042 — De M. A. Lavezzari (M. de la S.). *Analyse du rapport de M. Saillard sur le gaz à l'eau en Allemagne et en Autriche.*

2043 — De M. Delaurier. *Projet de bateau-cloche.*

2044 — De M. Révin. *Projet de plan incliné pour l'achèvement du canal de Panama.*

2045 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Du rôle de l'Ingénieur dans la construction des habitations économiques.*

2046 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Note sur la largeur de voie à adopter pour la ligne Biskra-Tougourt-Ouargla.*

2048 — De M. F. Chaudy (M. de la S.). *Théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés de bout, application graphique aux prismes à section variable.*

2049 — De M. C. Jouffray (M. de la S.). *Le Tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus.*

2050 — De M. E. Bert (M. de la S.). *Les Traités de commerce et leur renouvellement.*

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mars sont :

Comme membres sociétaires :

MM.	H. Adour,	présenté par MM.	Mauguin, Marsaux et G. Petit.
	M. Bailly,	—	Bon, Schœnstein et Bougault.
	G. Berthon,	—	Bougault, Bertrand de Fontviolant
	A. Brunner.	—	Mallet, Morandière et Carimantrand.
	A. Chassin,	—	Bobin, Cerbelaud et Taconnet.
	J. Digeon.	—	de Comberousse, Appert et Pluyaud.
	P. Duvillard,	—	Bouvard, Cornesse et Rubin.
	V. Engerran,	—	E. Polonceau, Buron et Durant.
	E. Faugère,	—	Ollivier, Pompon et Contamin.
	E. Gauquelin,	—	Deneubourg, E. Coignet, de Tédesco.
	Ch. Gigot,	—	Couriot, Bertrand de Fontviolant et H. Vallot.
	Ch. Giraudel,	—	E. Polonceau, Durant et Durupt.
	F. Mellerio,	—	Appert, G. Martin et Clémandot.
	L. Merceron,	—	A. Brüll, de Echeverria et de Tédesco.
	M. Svilokossitch,	—	de Nansouty, Monjean et Cassagne.
	G. Vidil,	—	Contamin, Forest et Rubin.

Comme membres associés :

MM.	F. Dehaynin,	présenté par MM.	Contamin, Mallet et Carimantrand.
	Ch. Franche,	—	Vôisine, Mathieux et Lecouffe.
	L. Maes,	—	Contamin, Appert et Clémandot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1890

Séance du 7 mars 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux membres de la Société.

L'un, M. L. POUPARD était notre collègue depuis 1864; il a été longtemps ingénieur dans les établissements F. Cail et Cie, où il s'est occupé spécialement des études de locomotives et tenders ; ayant quitté cette position, il était depuis quelques années représentant de la Compagnie anglaise du frein à vide.

L'autre, M. Ch. BARROUIN, a été le créateur de l'un des grands établissements métallurgiques de la Loire. Sorti de l'École des Arts et Métiers de Châlons, M. Barrouin s'est élevé par son mérite et son énergique labeur à la haute situation qu'il a occupée pendant plus de trente ans.

Esprit ingénieux en même temps que pratique, il a apporté de nombreux perfectionnements à l'outillage des grandes forges ; il laisse après lui un établissement, les Aciéries de Saint-Etienne, en pleine prospérité.

Nous nous associons aux regrets très vifs que provoque dans le bassin de la Loire la disparition de cet industriel éminent ; et nous adressons à sa famille l'expression de nos affectueuses condoléances.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer l'abandon fait par plusieurs de nos collègues de leurs bons de souscription à l'Emprunt de 1889. Ce sont :

M. Victor Fournier, 2 bons ; M. Henri Pereire, 9 bons; M. André Pétiet, 2 bons.

Nous remercions sincèrement ces collègues de ce témoignage de sympathie donné à notre Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des publications reçues depuis la précédente séance, liste publiée plus loin.

Il attire spécialement l'attention sur l'ouvrage de M. Buchetti sur les machines à vapeur de l'Exposition universelle de Paris, de 1889; et annonce que M. Mallet a bien voulu se charger d'en présenter un résumé, qui sera doublement intéressant, par suite de la valeur propre de l'ouvrage et de la compétence toute spéciale du rapporteur.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la dernière séance, M. Cacheux a attiré l'attention de la Société sur le Congrès International de sauvetage qui va s'ouvrir à Toulon, le 15 mars.

Il ajoute que les membres de la Société y trouveront des sujets d'étude intéressants et le meilleur accueil de la part de notre collègue, M. Cacheux, secrétaire du Congrès.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société d'Encouragement, pour l'industrie nationale, demande à la Société des Ingénieurs civils d'encarter, dans une de ses prochaines publications, la liste des prix que cette Société, qui est fort riche, décerne chaque année à un grand nombre de sujets spéciaux.

Il est d'autant plus intéressant de porter l'existence de ces prix à la connaissance de nos collègues, qu'ils sont on ne peut plus importants, s'élevant à des sommes variant entre 12 000 et 4 000 *f*, et que bien des fois ils sont reportés faute de candidats. Or, comme le fait d'avoir publié un travail dans notre bulletin n'ôte aucunement le droit de concourir à ces prix, qui récompensent non seulement le mémoire proprement dit, mais surtout le principe du sujet traité, nous croyons devoir appeler d'une manière toute spéciale l'attention de nos collègues sur cette circulaire, et considérons comme un devoir d'adresser tous les remerciements de la Société à son honorable et très distingué président, M. Haton de la Goupillière, pour la bonne pensée qu'il a eue de nous demander cet encartement. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'une Exposition d'électricité se tiendra cette année à Édimbourg, sous le patronage de la reine d'Angleterre et des Ingénieurs anglais les plus connus.

Elle semble, d'après les renseignements qui nous sont parvenus, devoir prendre une importance considérable. Il est donc utile d'attirer l'attention de nos collègues électriciens sur cette exposition, où ils pourront sans doute faire d'utiles observations. Cette exposition s'ouvrira en mai et durera plusieurs mois.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de déposer sur le bureau une Adresse que vient de lui remettre M. Th. Merly, ingénieur espagnol, au nom de nos collègues et amis de Barcelone, et qui est accompagnée de la lettre suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Au nom des Ingénieurs Espagnols de la région de Barcelone, nous avons l'honneur de vous remettre le parchemin ci-joint, comme une constatation de notre reconnaissance pour les complaisances de la Société dont vous êtes le Président, à l'occasion de notre visite à la dernière

Exposition Universelle, à Paris. Nous espérons que vous voudrez bien l'accepter comme une preuve de fraternité entre collègues.

Datée de Barcelone, le 21 février 1890.

Signé : Le Président, Thos y Codina. Le Secrétaire, G. Bolibar.

Au bas de cette adresse sont les signatures de MM. Silvino Thos y Codina, président, José-Maria Jordan, Antonio Dardet, Alexandro Wohlguemuth, Julio Valdès, Francisco Torré y Torré, Juan Nadal, Eduardo Pinilla, José Campdéra, Alvaro de la Gandara, Luis-Mariano Vidal, G.-J. de Guillen Garcia, Manano Parellado, J. Martorell y Falp, Carlos de Camps, Ch. Font Matheu, E. Brocca, Salvador Dropper, José de Caralt Sala, Rafaël Puig y Valls. A. Sanz, Pedro Gras, Manuel Bofill y Martorell, A. Gonzalez Frossard, J. Alexandro Riera, Juan a Molinos, Augustin Valls Bergès, Rosendo Llatas, Mariano Llofrin, Manuel Gispert, José Ciérou Sinclair, Alejandro M. Davila, Juan Serra, Pedro Colossa, José Pinol y Pereanton, Juan Feyner, Theodoro Merly, Vicente Felip, Fontian Comas, Francisco Romeo y Bonastri, E. Lluch, Conrado Sintas y Orfila, Enrique de Gispert, Lucas Echevarria, Emilio Riera, G. Tay, A. de Sanchez Perez, Joaquin Arajol, José A. Barret, Pedro Garcia Faria, P. Delinon, Antonio de Iturralda, Miguel Pujol y Abeya, Luiz G. Ferrer, Geronimo Bolibar. secrétaire.

M. le Président a été heureux de recevoir cette adresse si artistique comme exécution et si cordiale comme expression ; il applaudit aux sentiments de fraternité qui l'ont inspirée, et croit pouvoir dire, au nom de tous, qu'il accepte ce souvenir comme gage de l'impérissable amitié et de l'inaltérable fraternité qui règnent entre les Ingénieurs espagnols et les Ingénieurs français. Cette fraternité entre l'Espagne et la France est toute naturelle : elle résulte de la communauté des sentiments généreux qui unissent les deux nations sœurs ; elle ne fera que s'accroitre et se fortifier. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la communication de M. M. Demoulin sur *le tirage forcé et son application aux chaudières marines.*

M. M. Demoulin s'exprime ainsi :

On dit que le tirage d'un foyer est forcé lorsque l'appel de l'air à travers le combustible et le mouvement des gaz dans les tubes ou les carneaux du générateur correspondant sont produits par des moyens artificiels, autres que l'ascension naturelle des produits de la combustion dans la cheminée.

Le tirage forcé, d'abord appliqué aux locomotives, s'est récemment répandu dans les marines militaire et marchande.

Il y a, entre le tirage naturel et le tirage forcé, une différence de degré, non de principe. Le dernier ayant pour but de parer à une trop faible hauteur de cheminée imposée par des conditions spéciales, ou d'obtenir d'une chaudière de faible capacité une puissance relativement considérable, offre actuellement moins d'intérêt en ce qui concerne les générateurs fixes. Il n'en est pas de même des locomotives et des machines marines à grande vitesse pour lesquelles il acquiert une importance primordiale. C'est en grande partie, grâce au tirage forcé, que l'on a pu

obtenir sur mer les grandes vitesses qu'atteignent les torpilleurs, certains cuirassés et paquebots.

Il existe trois manières de produire le tirage artificiel à bord des navires. Le plus simple et le moins efficace aussi, en ce sens qu'il ne produit que de faibles dépressions à moins d'une dépense considérable de vapeur, consiste à envoyer, à la base de la cheminée, un jet de vapeur à l'aide d'un tuyau annulaire percé de petits trous. Ce système n'est plus guère employé, aujourd'hui, parce qu'il présente une mauvaise utilisation de la vapeur et entraine une perte d'eau douce.

Par la seconde méthode, on insuffle, à l'aide de conduits, le courant d'air produit par des ventilateurs dans les cendriers, sous les grilles.

Le troisième, le plus répandu actuellement, et connu sous le nom de *tirage en vase clos*, consiste à lancer, au moyen de ventilateurs, dans des chambres de chauffe hermétiquement closes, et à une pression de quelques centimètres d'eau, l'air nécessaire à la combustion.

C'est ce système qui est le plus généralement usité à bord des torpilleurs et des grands navires de guerre. Toutefois, pour les petites installations surtout, il parait appelé à céder le pas au mode de tirage précédent dont certains avantages commencent à se faire jour.

Ce tirage forcé en chambre close a l'inconvénient d'exiger des dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité des chambres de chauffe. Les hommes, enfermés, se sentent isolés et perdent confiance; en cas d'accidents, il leur est plus difficile de s'échapper.

Lorsque l'on ouvre la porte du foyer pour charger la grille, une trombe d'air froid se précipite par cette ouverture et vient en contact avec la plaque tubulaire et les tubes, ce qui peut amener des fuites et diminue la production par un refroidissement périodique. Son principal avantage est d'assurer la ventilation des chaufferies d'une manière complète et simple.

Lorsque l'on fait usage du tirage par insufflation dans le cendrier, on doit prendre la précaution de dériver une partie du vent pour aérer la chambre de chauffe dans laquelle la température deviendrait insupportable.

Nous envisagerons le tirage forcé dans les deux genres d'applications dont il est susceptible : augmentation de l'intensité de la combustion; amélioration de cette dernière et production économique de la vapeur.

Le tirage forcé permet, grâce à une intensité plus grande de la combustion, d'obtenir une puissance donnée d'une grille plus petite, et, si l'on ne s'attache pas à l'économie de combustible, d'une chaudière réduite dans la même proportion.

L'intensité de la combustion qui, dans les foyers fonctionnant à tirage naturel, ne dépasse pas 90 *kg* de charbon par mètre carré de surface de chauffe, peut atteindre, lorsque l'on fait usage du tirage artificiel, jusqu'à 550 *kg*, comme dans les torpilleurs. Ce chiffre est toutefois un maximum et, dans les torpilleurs récents, on ne dépasse pas une combustion de 400 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure. Une pareille intensité de combustion n'est réalisée qu'au moyen de chaudières locomotives. Avec les chaudières marines ordinaires on ne dépasse guère 250 *kg*.

La pression d'air varie naturellement avec l'intensité de la combustion et dépend, en outre, de l'installation des ventilateurs et des grilles, de la forme du foyer, du diamètre des tubes, de la nature du combustible, de la propreté du feu, etc., ce qui empêche d'établir une relation mathématique entre elle et l'activité du feu. Cette pression atteint jusqu'à 140 *mm* en colonne d'eau pour la combustion maximum que nous avons indiquée; elle ne dépasse pas 20 à 30 *mm* pour les chaudières à retour de flamme ou à tubes directs, dans lesquelles la combustion atteint au plus 250 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Dans les torpilleurs, on se contente généralement de 70 *mm* pour l'allure à outrance.

Le rendement de la chaudière diminue vite à mesure que l'intensité du tirage augmente, les gaz sortant plus chauds, mais surtout à partir d'un certain degré, assez vite atteint du reste. D'après les résultats d'essais effectués sur des chaudières de torpilleurs, la vitesse de combustion étant doublée, le rendement de la chaudière passe de 0,525 à 0,444. Dans d'autres expériences, la vaporisation par kilogramme de charbon pour une combustion également doublée d'intensité, passe de 7,06 *kg* à 5,97 *kg*. Encore ces résultats ne sont-ils obtenus qu'entre des limites pratiques au delà desquelles la vaporisation totale augmenterait peu pour un accroissement important de la dépense de charbon. On peut concevoir, en effet, que la production d'une chaudière ne puisse dépasser un certain chiffre, quelle que soit l'intensité de la combustion.

En principe, le rendement d'une chaudière augmente avec la longueur des tubes, mais très lentement au delà d'une certaine limite, comme tout le monde le sait. Plus grande sera l'intensité de la combustion et plus long devra être le parcours des gaz, sans quoi, les produits de la combustion sortiraient à une trop haute température et entraîneraient en pure perte un grand nombre de calories. Il est toutefois évident que le diamètre des tubes a une influence considérable sur le refroidissement des gaz et sur leur utilisation. Si on appelle *longueur relative* des tubes le quotient de leur longueur par leur diamètre, on peut poser *a priori* que les tubes de même longueur relative sont équivalents au point de vue de la transmission du calorique.

Il existe une juste proportion dans la longueur des tubes qui concilie à la fois le rendement et la légèreté des générateurs.

Le tirage forcé est précieux en ce sens qu'il a permis de diminuer le poids des appareils des navires de guerre à grande vitesse dans une proportion considérable. Il suffira de rappeler que dans certains torpilleurs très poussés on a obtenu jusqu'à 10 chevaux par mètre carré de surface de chauffe. C'est ainsi que l'on a pu réduire le poids des machines de torpilleurs à 30 et 40 *kg* par cheval indiqué, tandis que les appareils des navires du commerce pèsent dans les environs de 200 *kg* pour la même puissance. Ce résultat est sans doute dû également à d'autres causes telles que l'augmentation de la vitesse du piston, mais il n'en est pas moins vrai que l'adoption du tirage forcé y a contribué au plus haut degré.

Ces résultats remarquables sont obtenus au prix d'inconvénients sérieux.

Le contact de deux surfaces métalliques n'est jamais assez intime

pour que la transmission de la chaleur se fasse convenablement entre elles; celle qui est soumise à l'action de la source de chaleur s'échauffe alors outre mesure, même si l'autre surface est libre de rayonner toute la chaleur qu'elle reçoit.

C'est ce qui se passe dans les foyers des chaudières à vapeur aux assemblages des tôles et aux rivures, et, naturellement, l'action destructive de la chaleur se fait d'autant plus sentir que la température est plus élevée. Ceci explique que certains joints de foyers, qui supportent le tirage ordinaire, viennent à perdre dès que l'on force l'allure de la combustion. Dans les chaudières de torpilleurs, ces faits sont aggravés par suite de circonstances particulières.

Toutes les personnes qui s'occupent un peu des choses de la marine ont entendu parler des ennuis qu'ont donnés aux essais les chaudières des types les plus récents de torpilleurs; on a souvent, dans le public, attribué à une construction imparfaite ce qui était inhérent aux dispositions fatalement adoptées.

On sait que l'accident le plus commun à bord des torpilleurs consiste en fuites plus ou moins graves à l'assemblage des tubes sur la plaque de tête. Tantôt ces fuites se produisent en marche avec une abondance extrême, et la vapeur refoule la flamme dans la chaufferie qu'il faut évacuer. C'est là un genre d'accident qui n'est pas sans danger pour le personnel, bien que les portes de cendriers soient disposées de manière à fermer automatiquement quand la pression à l'intérieur du foyer devient supérieure à celle qui règne dans la chaufferie.

Le plus souvent, les fuites aux tubes se produisent quand on diminue les feux et que, la pression tombant, la chaudière se refroidit ; ces fuites augmentent rapidement lorsque l'on est stoppé et qu'on laisse tomber les feux. Il n'est pas rare de voir alors une véritable cascade d'eau ruisseler le long de la plaque tubulaire.

L'air nécessaire à la combustion est toujours fourni par des ventilateurs actionnés directement par des machines à vapeur à grande vitesse. Ces ventilateurs peuvent atteindre des vitesses de 1 200 tours à la minute. L'aspiration se fait au moyen de manches à vent aboutissant sur le pont; le ventilateur est ordinairement placé dans la chaufferie où il refoule, s'il s'agit du tirage en vase clos ; dans le cas du tirage par insufflation dans le cendrier, l'air est dirigé sous les grilles au moyen de conduits passant sous les parquets et munis de clapets. On a essayé un certain nombre de systèmes automatiques, dans lesquels le vent est arrêté pendant les chargements. On s'est également ingénié à empêcher le refoulement des gaz dans la chaufferie par le pourtour de la porte du foyer.

Le tirage forcé, lorsqu'il est modéré, peut devenir d'un emploi économique parce qu'il augmente la température du foyer et qu'il permet une application plus complète des lois de la combustion. Il va sans dire que la proportion entre les surfaces de grille et de chauffe doit se trouver plus grande qu'avec le tirage naturel, sans quoi on perdrait le bénéfice sur lequel on est en droit de compter.

Le tirage forcé a pour complément indispensable l'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus des grilles. La température de la combustion peut être réduite par quatre causes :

1° Insuffisance d'air;
2° Excès d'air;
3° Mélange imparfait des gaz avec l'air;
4° Combinaison à un degré quelconque de ces causes.

Une partie de l'air comburant est destinée à se combiner avec le carbone, une autre avec les hydrocarbures, ces deux quantités étant environ dans le rapport de 2,36 à 1. Or, il paraît au premier abord plus logique d'admettre directement dans le foyer, au-dessus de la grille, l'air nécessaire à la combustion des gaz. Si le chargement du foyer était opéré d'une manière continue et uniforme, l'introduction de l'air par la porte pourrait l'être aussi. Tel n'est pas le cas en pratique, il faut envoyer une quantité d'air moyenne au-dessus du combustible de telle sorte qu'il n'y en ait pas en trop grand excès quand la distillation du combustible touche à sa fin.

L'oxyde de carbone étant incolore, on ne peut se rendre compte de l'imperfection de la combustion que si ce gaz sort assez chaud pour se rallumer au sommet de la cheminée en venant en contact avec l'air. On distinguera ce gaz des hydrocarbures par la couleur de sa flamme qui est bleue, celle des hydrogènes carbonés étant jaunâtre.

L'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus de la grille est d'autant plus nécessaire que le combustible est brûlé en couches plus épaisses. Si on augmente le tirage sans prendre cette précaution, on accroît seulement l'activité de la combustion aux dépens du rendement. On ne saurait trop, pour des raisons analogues, recommander l'usage de la voûte en briques, surtout s'il s'agit de chaudières du type locomotive comme pour les torpilleurs.

Dans les navires marchands, on complète souvent l'installation du tirage forcé par un réchauffage de l'air comburant à l'aide des gaz perdus. *(Applaudissements.)*

M. le Président félicite M. Demoulin d'avoir si bien résumé et condensé les renseignements sur le tirage forcé. Il était très intéressant pour la Société de voir retracer aussi nettement les difficultés qu'on éprouve, dans les torpilleurs et les navires à grande vitesse, à résoudre à la fois la question de légèreté des chaudières et celles si complexes relatives à leur durée et à leur entretien.

La nécessité de brûler en peu de temps un poids considérable de charbon sur les grilles et de développer, dans des espaces restreints, des quantités considérables de chaleur, complique singulièrement la solution du problème. Le travail dont on vient de nous donner lecture sera donc consulté avec grand intérêt, et nous ne pouvons que remercier M. Demoulin de nous l'avoir présenté.

M. E. Polonceau a été frappé de ce que M. Demoulin a dit des altérations fréquentes des plaques tubulaires; il pense que l'emploi du bouilleur, système Ten Brinck, ou de voûtes en briques pourrait avoir de sérieux avantages.

Grâce à l'emploi du chargement par trémie, ainsi que cela a lieu dans le système Ten Brinck, on évite l'entrée subite d'air froid dans le foyer. Il est certain qu'à la Compagnie d'Orléans l'adoption du bouil-

leur Ten Brinck ou de la voûte en briques a notablement diminué les pertes aux viroles et frais d'entretien ; et en même temps la combustion s'effectue d'une façon plus rationnelle avec moins de pertes de gaz combustible.

M. Demoulin pense que c'est la crainte de compliquer les installations qui a dû empêcher l'adoption des dispositions certainement très efficaces dans les foyers de locomotives dont vient de parler M. Polonceau. Le manque d'espace est aussi, souvent, un obstacle absolu, surtout dans les torpilleurs.

M. Ed. Roy signale les inconvénients qu'il a observés avec des voûtes en briques en arc très accusé ; la chaleur réverbérée par la voûte se concentrait sur la grille dont l'usure devenait rapide ; mais il croit, comme M. Polonceau, aux avantages considérables que pourrait présenter l'adoption par la marine des foyers Ten Brinck ou de voûtes presque planes en briques réfractaires.

M. Polonceau croit devoir insister sur un autre avantage de l'emploi de ces appareils : c'est de permettre l'utilisation des combustibles menus ; en effet, dans les chaudières ordinaires, quand on serre l'échappement, une quantité considérable de combustible fin entraîné par le courant d'air traverse les tubes, les obstrue ou va se perdre dans la boîte à fumée ; tandis que la présence du Ten Brinck ou de la voûte arrête ces menus, et les fait retomber sur le foyer.

M. le Président regrette de ne pas voir, dans l'Assemblée, un Ingénieur de la traction du chemin de fer du Nord. Il croit pouvoir confirmer ce qu'avance M. Polonceau, et dire qu'à la Compagnie du Nord les voûtes en briques sont très généralement adoptées et procurent l'avantage de faire entrer des fines en quantité considérable dans les combustibles employés par la traction. Il en résulte une économie importante.

M. E. Mayer pense que la voûte en brique a surtout l'avantage de ménager la plaque tubulaire.

M. le Président est d'avis, avant de continuer la discussion, d'entendre la communication de M. C. Jouffray, qui porte sur un sujet analogue. La discussion pourra être reprise et poursuivie en visant l'une et l'autre des communications.

M. C. Jouffray a la parole pour sa communication sur *le tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus.*

M. C. Jouffray dit qu'il examinera l'emploi du tirage forcé, uniquement comme moyen d'économie. C'est, pour lui, le côté le plus important de la question au point de vue de l'avenir, car il ne s'agit pas seulement comme pour les torpilleurs et les croiseurs d'applications importantes, mais en nombre nécessairement limité, il s'agit de toutes les installations mécaniques marchant à la vapeur.

La cheminée ordinaire, dit-il, est un outil barbare dans son principe, puisqu'elle ne peut fonctionner qu'en rejetant encore chauds dans l'atmosphère les gaz qu'on doit chercher à refroidir autant que possible. L'adoption du tirage forcé permettrait d'étudier en toute liberté les

moyens de refroidir plus complètement ces gaz. Si, d'autre part, il est par lui-même une source importante d'économies, en produisant une combustion meilleure, il n'y aurait pas à hésiter à en généraliser l'emploi.

M. Jouffray rappelle les tentatives faites dans ce sens, il y a longtemps déjà, particulièrement par M. Molinos et Pronnier. Il croit que si le tirage forcé n'a pas pris, dès cette époque, un certain développement c'est à cause de l'entretien plus dispendieux que nécessitaient les grilles et, surtout, à cause de l'imperfection des organes mécaniques complémentaires dont le tirage forcé nécessitait l'emploi. Ces raisons, dit-il, n'existent plus aujourd'hui.

Arrivant à la question des charbons menus, M. Jouffray expose que leur combustion présente deux difficultés de principe :

1° Les barreaux doivent être assez rapprochés pour que le charbon ne passe pas au travers. Il ne faut pas, dit-il, dépasser 3 *mm* si l'on veut brûler des poussiers maigres.

2° Les menus opposent une plus grande résistance au passage de l'air et pour des grilles de dimensions ordinaires le tirage habituel des cheminées est insuffisant.

Il dit que deux moyens se présentent de résoudre ces difficultés :

1° Augmenter dans de larges proportions la surface des grilles afin de chauffer en couche très mince — solution coûteuse, possible toutefois dans l'industrie et quand on dispose d'une cheminée puissante ;

2° Employer le tirage forcé — solution tout à fait générale, le plus souvent plus avantageuse dans l'industrie et qui s'impose quand il s'agit de chaudières marines.

Dans ce deuxième cas, ajoute M. Jouffray, une nouvelle difficulté surgit. Le barreau mince se déforme et brûle rapidement. De plus, le mâchefer qui tombe sur la grille en parcelles pâteuses s'agglutine en larges plaques qui adhèrent fortement aux grilles. Il est nécessaire pour éviter ces divers inconvénients que les barreaux restent froids. Dès lors les crasses ne sont plus adhérentes, la chauffe reste facile, les barreaux ne brûlent plus et ne se déforment pas.

M. Jouffray rappelle les résultats obtenus par M. Michel Perret avec la grille immergée. Il présente en outre à la Société un barreau de type différent dû également à M. Michel Perret.

Ce barreau, qui se place transversalement dans le foyer, est forme d'un demi-cylindre de 20 *mm* de diamètre dont la partie arrondie est en contact avec le charbon et qui porte en dessous une très haute nervure mince et ajourée. Il est refroidi, non plus par immersion dans l'eau, mais uniquement par l'air de la combustion qui trouve en passant une très large surface de contact.

M. Jouffray donne des renseignements sur des expériences faites par M. Marius Olivier et par lui à Saint-Henri-Marseille avec divers charbons de la région du Sud-Est, sur une chaudière du type marine munie d'une grille à barreaux ajourés. Il cite les chiffres d'un essai contradictoire fait sur la même chaudière, d'où résultent, par l'emploi de poussiers ou charbons très impurs, des économies de 1 à 6 0/0 sur le prix de la tonne de vapeur.

M. Jouffray parle ensuite de l'emploi des menus dans les chaudières de navires. Il signale des applications faites en Angleterre et en Italie. Les dispositifs employés, qui laissent subsister le danger d'échauffement des barreaux et qui, toutefois, ont donné des résultats satisfaisants avec les charbons anglais, lui semblent d'une application très aléatoire avec les charbons français de la région du Nord et tout à fait impossible avec les houilles du Gard dont la crasse est particulièrement fusible.

Il donne des renseignements sur une installation de tirage forcé avec barreaux transversaux ajourés, qu'il a été appelé à faire pour le compte de M. M. Ollivier sur le navire *Alsace*, de Marseille, en vue de brûler des menus demi-gras de la Grand'Combe et qui a complètement réussi.

A propos de l'installation mécanique accessoire, il signale particulièrement que le ventilateur de l'*Alsace*, au lieu d'être comme d'ordinaire en porte à faux sur l'arbre d'une machine directe, est indépendant de la machine à laquelle il est réuni par un accouplement élastique et que l'ensemble ainsi constitué s'est montré capable de soutenir une marche continue de plus de 1 000 tours à la minute sans échauffement. Il signale aussi qu'avec les faibles pressions nécessitées par le tirage forcé, sans surproduction de vapeur, il n'y a pas projection de flammes par les gueulards et que les dispositifs de sûreté deviennent inutiles.

Dans ces conditions de sécurité et de commodité pratique, ajoute-t-il, on ne devrait pas hésiter à employer par principe le tirage forcé même pour des charbons en roche. Il y a alors économie sur le poids, la combustion se faisant mieux et avec moins d'air.

M. Jouffray cite les essais des chaudières du *Marceau*. Il cite aussi les résultats obtenus sur divers navires de commerce en Angleterre, et rappelant que, outre les économies immédiates que procure le tirage forcé, il permettra d'en réaliser d'autres par l'utilisation, avant ou après la grille de chaleurs perdues aujourd'hui; il conclut en disant que le tirage forcé devrait être regardé comme le mode naturel de fonctionnement des générateurs à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jouffray des détails qu'il vient de donner sur les dispositions nouvelles des grilles qu'il propose d'employer pour brûler les combustibles menus.

Comme pour toute disposition nouvelle, il y a là certaines habitudes à modifier; le rapprochement extrême des barreaux, leur disposition parallèle à la façade de la porte, obligent à renoncer à ringarder le feu par dessous. Mais l'expérience semble prouver que ces modifications ne sont pas des inconvénients; le mieux est donc d'attendre la consécration que la pratique ne manquera pas de donner à ces prévisions. Il croit cependant devoir rappeler que la cheminée n'est pas un procédé de tirage aussi condamné qu'on semble vouloir l'indiquer; on peut être obligé de lui substituer, dans certains cas, d'autres moyens d'assurer au combustible l'air qui lui est nécessaire, mais, tout examen fait, c'est encore le moyen le plus économique quand on peut l'employer.

M. A. LENCAUCHEZ demande à dire quelques mots sur ces deux communications.

Il reconnaît que dans l'état actuel de la construction des torpilleurs,

ni la voute en brique, ni le Ten Brinck ne peuvent être appliqués aux chaudières de ces petits navires ; mais l'expérience a prouvé d'une façon évidente que dans les chaudières actuelles la combustion se fait mal.

Le foyer est trop voisin de la plaque tubulaire, de sorte que cette plaque est facilement détériorée ; et que le gaz s'engageant dans les tubes avant d'avoir pu s'enflammer vont brûler dans la boite de fumée. Le torpilleur devrait rester invisible ; en fait, il signale son approche de jour par un panache de fumée, — de nuit, par un jet de flammes au sommet de la cheminée ; — une modification de la chaudière s'impose : elle entrainera, il est vrai, un allongement des torpilleurs, peut-être une surélévation légère du pont ; mais sous ces conditions on pourra adopter ou bien la voûte en briques, ou bien le Ten Brinck ou encore la chambre de combustion employée déjà dans beaucoup de torpilleurs anglais.

Sous ces conditions et en assurant une circulation active dans les doubles parois, il n'est pas douteux qu'on pourra éviter les inconvénients constatés jusqu'ici.

M. Jouffray nous a présenté une grille très pratique, spécialement applicable aux combustibles menus, anthraciteux ou autres. Sans vouloir en rien diminuer l'importance de la communication de M. Jouffray, M. Lencauchez tient à rappeler que cette grille n'est qu'une solution légèrement modifiée d'un problème qui a depuis de longues années exercé la sagacité des ingénieurs. Tous ceux qui ont lu le remarquable travail de notre collègue M. Bandérali, ingénieur principal du matériel roulant et de la traction au Nord, sur son voyage en Amérique, ont vu les nombreuses dispositions de grilles à faible écartement pour combustion de menus et anthracites employées en Pensylvanie.

En France même, la grille immergée de M. Perret, de Lyon, est une solution peu différente de celle qui vient d'être décrite. Il serait injuste de ne pas signaler un inventeur beaucoup plus ancien, M. de Pindray, dont les grilles à hauts barreaux sont employées avec plein succès dans certaines parties de la France depuis 1868 et 1869. Ces solutions multiples et sans cesse nouvelles montrent l'importance de la question que M. Jouffray a développée devant nous.

M. Lencauchez ne pense pas qu'il soit juste de considérer la cheminée comme un instrument barbare : théoriquement, le maximum de tirage est obtenu avec une température supérieure à 300°. Mais, pratiquement, avec une cheminée de section suffisante, on a déjà un tirage très satisfaisant avec une température de 75° à la base. On ne peut donc pas dire que la cheminée soit un instrument à abandonner.

Mais dans le cas présent, avec des combustibles médiocres, très menus, et ces grilles spéciales, le courant d'air forcé est préférable, à condition que la pression ne soit pas exagérée, 10 à 15 *mm* d'eau au plus.

A une question de M. Mayer relative au mode de décrassage, M. Jouffray répond que les barreaux étant toujours refroidis, les mâchefers n'y adhèrent pas, ils ne pénètrent pas entre les barreaux, ils se figent en galettes à la surface et se retirent facilement. On en a la preuve sur des machines marines qui ont marché 44 heures sans qu'on ait dû toucher les feux.

M. Jouffray estime que la pression de vent dans le cendrier doit varier de 3 à 12 *mm* d'eau sans dépasser ce maximum.

M. E. Polonceau reconnaît tout l'intérêt de l'emploi des barreaux à faible écartement. Mais il ne croit pas que cette disposition soit une condition *sine quâ non* de l'emploi des menus. Il a vu, en Autriche, employer des menus avec les grilles les plus diverses, mais, il est vrai aussi, avec des résultats économiques assez différents.

La véritable condition essentielle pour l'emploi des menus, c'est l'adoption d'une surface de grille suffisante. Pour produire une quantité de vapeur déterminée dans un temps donné, il faut un certain culot en ignition; puisque les menus doivent être employés sous de faibles épaisseurs, il faut augmenter les surfaces de grille. C'est ce qu'a fait M. Belpaire en Belgique, où il emploie les combustibles les plus médiocres, grâce à de grandes surfaces de grilles formées de barreaux à très faibles écartements.

Ces dispositions spéciales de barreaux sont une facilité, une cause d'économie, mais pas une nécessité.

Un membre pense que l'emploi des barreaux immergés du système Perret précise une réelle économie, grâce à la décomposition de cette eau, à l'abaissement de température réalisée dans le foyer, et à la combustion de l'hydrogène à proximité des parois de la chaudière.

M. Demoulin et divers autres membres prennent part à cette discussion. Ils reconnaissent qu'il n'est pas exact de considérer dans tous les cas l'emploi de l'eau comme devant donner une économie. Cela est vrai dans le gazogène, car le rayonnement des grilles est par là utilisé; mais il n'en est pas de même dans les chaudières marines, et dans la plupart des chaudières tubulaires où la réinflammation des gaz combustibles n'est presque jamais possible.

Les expériences de MM. Petit, au Nord, et Henri, à P.-L.-M., ont prouvé, dit M. Lencauchez, que c'est la chaleur propre du foyer qui, seule, fournit la vapeur dans les chaudières locomotives, et que les parties les plus éloignées du faisceau tubulaire n'ont plus qu'une puissance de vaporisation très faible.

M. Polonceau rappelle à propos de l'effet de la vapeur d'eau que le fumivore Thierry considéré pendant un temps comme procurant une économie sérieuse, n'a pas justifié cette conclusion quand des expériences suivies ont été poursuivies à la Compagnie d'Orléans.

M. le Président est heureux de constater que la discussion approfondie qui a suivi les communications de MM. Demoulin et Jouffray a mis nettement en lumière les conditions d'emploi du tirage forcé et du tirage naturel.

Chaque système a sa raison d'être et répond à des besoins spéciaux.

M. Demoulin a fait ressortir avec une grande netteté l'extrême difficulté du problème posé dans les torpilleurs et les croiseurs à grande vitesse.

M. le Président ne doute pas qu'à ces problèmes, nettement énoncés, ne soient apportées avant peu des solutions que notre marine nationale attend et accueillera avec reconnaissance.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 21 Mars 1890.

PRÉSIDENCE DE M. P. BUQUET, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT présente les excuses de M. V. Contamin, président, et de MM. E. Polonceau et S. Périssé, tous les trois absents de Paris pour affaires de service, et de M. P. Jousselin, que son état de santé met encore dans l'impossibilité de prendre part aux travaux de la Société. Il est heureux, en prenant possession du fauteuil de la présidence, de témoigner à tous ses collègues sa gratitude pour l'honneur qu'ils lui ont fait en l'appelant à siéger dans le bureau.

Il considère qu'en lui conférant le titre de vice-président de la Société, ses collègues ont voulu faire une place, à côté des Ingénieurs proprement dits, à un représentant des grandes industries manufacturières. Il espère se montrer digne du grand honneur qui lui a été fait.

M. LE PRÉSIDENT signale, à propos du procès-verbal, que notre collègue M. A. Lencauchez a demandé à faire quelques rectifications.

M. A. LENCAUCHEZ fait remarquer que, pour les torpilleurs, seule la disposition Fairbairn, de 1850, à plaque tubulaire rentrée dans le corps cylindrique de un mètre à deux mètres, peut être utilement adoptée. Avec cette disposition on gagne en longueur ce qui fait défaut en hauteur; et on obtient ainsi une chambre de combustion suffisante ; et, grâce à une addition d'air secondaire, on obtient la combustion complète et fumivore.

Il ajoute qu'avec la disposition Fairbairn, il faudrait ajouter une circulation d'eau autour du foyer, chose qui fait actuellement défaut.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux membres de la Société.

L'un, M. HENRY ROUIT, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer du Médoc, a été enlevé à l'âge de soixante-deux ans, après une longue et honorable carrière, tout entière consacrée, soit en France, soit en Espagne, à la construction ou à l'exploitation des chemins de fer.

L'autre, M. CHARPENTIER DE COSSIGNY, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École des Mines de Paris, était, tout à la fois, un géologue et un agronome distingué. Ses travaux sur l'hydraulique agricole et le drainage font autorité et ont été couronnés par la Société des Agriculteurs de France.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau les lettres de MM. Carlos Vaque, ingénieur-constructeur à Buenos-Ayres ; Meyer, ingénieur à Livourne ; Schwender, ingénieur de la ville d'Odessa, qui veulent bien accepter d'être correspondants de la Société ; il regrette que l'arrivée tardive de ces lettres n'ait plus permis l'insertion de ces noms dans la liste des correspondants à l'annuaire de 1890.

M. LE PRÉSIDENT dépose la liste des publications reçues depuis la précédente séance, liste publiée plus loin.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans le courant de l'année, la Société avait été prévenue d'un concours ouvert à Bucharest, en vue de la construction d'un bâtiment d'administration pour les chemins de fer Roumains.

Il est heureux d'annoncer que le premier prix a été accordé à un Français, M. Gaston Trélat, qui n'est point encore membre de la Société des Ingénieurs civils, mais qui lui est cher cependant. M. Trélat est, en effet, le fils de notre honorable ancien Président, M. Émile Trélat.

M. LE PRÉSIDENT propose donc que le bureau transmette les félicitations de la Société à M. Gaston Trélat, pour le beau succès qu'il a remporté à Bucharest.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Congrès des Sociétés savantes aura lieu à Paris, au mois de mai prochain. Le programme des questions qui y seront traitées est déposé au secrétariat ; et la Société est engagée à déléguer un ou plusieurs membres pour la représenter audit Congrès.

M. LE PRÉSIDENT invite donc ceux des membres qui auraient à soumettre des questions soit scientifiques, soit mécaniques, soit économiques ou sociales, à vouloir bien s'inscrire au secrétariat avant le 30 avril pour que le Comité puisse examiner les propositions et désigner au ministre les délégués de la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. L. Appert pour sa communication sur les *défauts du verre et les moyens de les reconnaître.*

M. L. APPERT ne s'est pas décidé, sans hésitation, à faire une communication sur ce sujet si spécial, peu intéressant, peut-être, pour beaucoup de membres ; il a tenu cependant, en leur apportant la primeur de ce travail, à témoigner à ses collègues sa reconnaissance pour la bienveillance qu'ils n'ont cessé de lui témoigner.

Les défauts qui se produisent dans le verre au cours de son élaboration résultent de causes très variées ; ils en diminuent la valeur et peuvent, par leur nature, par leur importance ou par leur nombre, jeter dans certaines circonstances un trouble grave dans toute une fabrication.

Il est souvent difficile de se rendre compte des causes de ces défauts, et, par suite, d'y apporter un remède efficace. Pour être en mesure de donner une réponse sérieuse à des questions posées, M. Appert a dû rechercher les moyens de reconnaître la vraie nature des défauts : c'est le résultat de ces recherches et les moyens employés pour y arriver qu'il se propose d'exposer à la Société.

Les *défauts* qui se produisent dans le verre, au moment où il est fabriqué et mis en œuvre, sont de deux natures :

1° Les *bouillons*, les *points*, les *crachats :*

2° Les *pierres* et les *grains* ou *granulations.*

1° Les *bouillons* et les *points* proviennent d'un affinage incomplet de la matière vitreuse après sa fusion, ou d'un manque de soin de la part des ouvriers au moment du cueillage ou pendant le moulage, quand

ils emprisonnent dans la masse du verre des corps ou poussières organiques. Si, en travaillant le verre, on emprisonne ces bouillons, si on ne pousse pas le chauffage jusqu'à ce qu'ils se dégagent d'une façon complète, le verre est bouillonneux et contient ce qu'on appelle des petits bouillons dits aussi pieds de mouche; il en résulte une sérieuse diminution de la valeur. Ces défauts sont très faciles à reconnaître; on peut souvent les voir à l'œil nu, et avec une loupe on les distingue parfaitement. Sous le nom de *crachats* on désigne les défauts qui apparaissent quand le verre s'est replié sur lui-même, et que des poussières organiques ont été emprisonnées dans la masse; elles se décomposent, dégagent des gaz qui paraissent donner des taches grises;

2° Ce n'est pas ces défauts qui ont fait l'objet des études de M. Appert; ceux qu'il a surtout cherché à reconnaître et à analyser, pour arriver à en prévenir la reproduction, sont d'une nature différente; ce sont ceux qui se produisent, soit par un mélange imparfait des matières premières, soit par des agglomérations de parties du mélange vitrifiable ayant échappé à la fusion par suite d'une température insuffisante; c'est ce qu'on appelle *des grains*. Ces grains peuvent aussi être produits par des portions de parois du creuset ou du bassin qui se sont détachées pendant la fusion.

Les grains peuvent provenir encore du verre lui-même et de sa composition chimique, en même temps que des conditions de température dans lesquelles il s'est trouvé aux diverses phases de sa fabrication. Ce sont surtout ces derniers défauts que M. Appert s'est attaché à reconnaître.

Il serait incomplet, s'il ne signalait un dernier défaut, appelé *larme* ou *schlague*, qui provient de la dissolution incomplète de portions de la voûte ou de la couronne du four dans le bain fondu. Il se forme un verre plus dur qui ne se mélange pas avec la masse du verre contenu dans le creuset.

Consulté à plusieurs reprises au sujet de l'un ou l'autre de ces défauts, M. Appert s'était trouvé dans l'impossibilité d'en établir nettement l'origine avec les moyens d'investigation actuellement connus; et pourtant le préjudice pouvait être considérable.

C'est alors que M. Appert eut l'idée de recourir à l'étude de ces défauts en les amenant à l'état de plaques minces examinées ensuite au microscope.

Ayant eu l'avantage d'être en rapport avec M. Fouqué, le savant professeur du Collège de France, auteur d'un travail considérable sur les roches cristallines de la France à l'aide du microscope, il a travaillé avec lui, s'est mis au courant de l'emploi de cet instrument, et a pu ainsi découvrir l'explication de bien des faits restés jusqu'ici incompréhensibles pour les verriers.

L'emploi du microscope se fait de la façon suivante :

On prend des lames minces, d'une épaisseur de $\frac{3}{100}$ de millimètres, taillées dans la masse vitreuse qui englobe les grains; ces lames sont collées au moyen de baume de Canada sur une plaque de verre qui sert

de porteur. Le défaut, sous cette épaisseur-là, peut être traversé par la lumière réfléchie du microscope; et il est étudié avec un grossissement qui varie de 300 à 800 diamètres. A 300 diamètres, il est déjà facile de se prononcer sur la nature des défauts. Ce moyen a été employé pour la première fois par M. Sorby, minéralogiste anglais, vers 1856-1858; et successivement par M. Zirkel, de Heidelberg, et par M. Rosenbasch, de Leipzig, et enfin, par MM. Fouqué et Michel Lévy qui l'ont beaucoup perfectionné et sont arrivés à pouvoir, en quelques minutes, déceler, dans un cristal microscopique, d'une façon certaine, la nature des parties constituantes.

L'étude se fait d'abord avec la lumière naturelle en rayons parallèles: puis, grâce aux perfectionnements apportés aux microscopes, elle peut être continuée en lumière polarisée entre deux nicols en spath d'Islande croisés.

M. Appert a obtenu ainsi une série de figures qu'il fait circuler dans les rangs de l'assemblée. La forme et la couleur des cristaux décèle la nature des éléments constitutifs.

M. Appert a essayé aussi un moyen d'investigation que M. Fouqué avait appliqué avec succès aux roches naturelles, et qui consiste à employer des liqueurs denses qui pèsent 3,2 à 3,5; ces liqueurs sont l'iodomercurate de potasse ou le tungsto-borate de baryum ou de calmium, ou enfin l'iodure de métylène : ces moyens n'ont pas réussi. En effet, les défauts auxquels on a affaire dans le verre sont toujours de même densité que le verre.

Ce sont donc les résultats de l'étude optique des éléments constitutifs des défauts que M. Appert se propose de faire connaître.

Le minéral qu'on trouve le plus fréquemment est le *quartz*, minéral très simple, monoclinique, très connu, dont la biréfringence est facile à déterminer.

En présence du quartz, la question à résoudre est la présence ou l'absence d'argile. Si le quartz apparaît enveloppé par une matière grisâtre diffusant fortement la lumière, c'est qu'on a affaire au silicate d'alumine déshydraté non dissous dans la masse vitreuse, ce quartz provient alors du pot ou du bassin. Si le quartz est seul, le défaut provient de la composition elle-même; il faut l'attribuer, soit à la grosseur de la matière, soit à un mélange insuffisant.

Enfin, dans beaucoup de circonstances, l'étude microscopique a révélé l'existence de cristaux divers, analogues à ceux trouvés dans la nature, et provenant de la composition même du verre.

M. Appert cite la wollastonite qui est un bisilicate de chaux provenant de la dévitrification du verre. De cristallisation très facile, la wollastonite se présente souvent en grains infiniment petits qui ne deviennent visibles qu'après polissage du verre; on comprend la gravité d'un pareil défaut dont l'existence peut échapper pendant longtemps à l'œil le plus exercé de l'ouvrier. Il a été reconnu que la wollastonite se produisait quand la température baissait momentanément dans le four.

La wollastonite peut aussi exister en gros cristaux, et M. Appert présente quelques échantillons provenant d'un four à bassin de 400 *t* de capacité auquel est arrivé il y a quelques années un grave accident qu'il

décrit rapidement. Le bassin s'étant détérioré, la matière vitreuse fondue s'est écoulée lentement sans qu'il fût possible de l'arrêter; c'est dans cette masse dont le refroidissement a été très lent que se sont produits ces beaux cristaux artificiels de wollastonite. En cas de refroidissement lent, le verre à base de chaux a donc une tendance à se décomposer; et cet exemple doit mettre le verrier en garde contre les variations possibles de température de son four, pouvant entrainer une altération du verre et une diminution de sa résistance.

Si pour le verre à vitre on cherche à employer un mélange de composition simple, il n'en est plus tout à fait de même pour d'autres qualités de verre; ainsi pour la fabrication des bouteilles, on cherche à y introduire, par raison d'économie, des bases terreuses, entre autres, de l'allumine, de la magnésie et un peu d'oxyde de fer; dans ces verres à bases multiples on trouve des cristallisations composées de wollastonite et de pyroxène magnésien, avec un peu de fer, quelquefois avec un peu de chaux, ainsi que le montrent les dessins présentés. Dans d'autres circonstances, M. Appert a rencontré de la mélilite ou humboldtilite, silicate multiple de chaux, magnésie, potasse et soude, alumine et fer; c'est un corps complexe qui par sa composition ressemble au verre auquel il a donné naissance. Cette cristallisation est un peu moins fréquente et n'a pas les mêmes inconvénients que la wollastonite seule.

M. Appert émet l'idée — dont il n'a pourtant pu avoir jusqu'ici la confirmation — que les accidents qui arrivent souvent dans les vins qui se conservent mal proviennent d'une altération du verre lui-même. On sait, en effet, que, tout verre où il se produit un commencement de cristallisation devient attaquable aux acides les plus faibles, même aux vinaigres les plus étendus. Il est donc du plus haut intérêt d'éviter les compositions qui peuvent facilement donner naissance à des produits cristallisés.

Enfin, dans certains cas, MM. Appert et Fouqué ont trouvé, au cours de leurs recherches, des cristaux de feldspaths, soit de l'oligoclase, soit du labrador, fait absolument nouveau et qui a été établi d'une façon certaine.

Les résultats obtenus par cette série d'études sont assez précis pour qu'on puisse actuellement répondre très rapidement aux questions relatives aux défauts de cette catégorie: il suffit de préparer des lames minces, ce qui est l'affaire de certains ouvriers spéciaux, puis de les examiner successivement à la lumière naturelle et à la lumière polarisée.

M. Appert a été amené à une autre question, celle de la *dévitrification du verre*. De nombreux chimistes ont abordé cette question; mais M. Appert a des raisons de penser, d'après l'étude même qu'il a l'honneur de présenter à la Société, qu'ils ne sont pas arrivés à des solutions exactes. Berzélius pensait que le verre dévitrifié, auquel on avait donné le nom de *porcelaine de Réaumur*, n'était autre chose que la matière vitreuse ayant acquis des propriétés nouvelles par la cristallisation. M. Pelouze confirmait cette opinion dans un travail lu à l'Académie des sciences, sur les glaces de Saint-Gobain; il considérait la dévitrification comme un simple changement physique du verre. M. Péligot pensait que la

magnésie jouait un rôle prépondérant dans le phénomène de la dévitrification.

Enfin, M. J.-B. Dumas se faisait une opinion plus voisine de la réalité quand il attribuait la dévitrification à une cristallisation du verre due à la formation de composés définis, infusibles à la température existante au moment de la dévitrification ; il pensait donc que ce corps nouveau était d'une fusibilité beaucoup moins grande que le verre lui-même. M. Appert dit que les recherches qu'il a poursuivies avec le concours de M. Fouqué l'ont conduit à reconnaître que les corps cristallisés existant dans la masse dévitrifiée sont beaucoup moins acides que le verre dans lequel ils ont pris naissance. Ainsi, tandis que les verres contiennent 68 à 75 0/0 de silice, M. Appert n'a trouvé que 50 à 56 0/0 de silice dans les corps cristallisés dans certaines circonstances ; comme dans les phénomènes de cristallisation qui se produisent dans les laitiers des hauts fourneaux, on a trouvé des corps cristallisés à composition plus acide et même de la silice cristallisée à l'état de tridymite.

Un savant industriel de Dorpat, M. Beurath, avait pensé que ce phénomène était dû à des corps d'une composition définie, qui se formaient dans un verre normal de composition connue ; il attribuait à ces corps des compositions fixes et identiques à elles-mêmes, quelle que fût la nature du verre. Cette explication est certainement inadmissible ; en effet, les cristaux ont une composition qui est toujours en relation avec celle du verre lui-même.

Par des températures longuement prolongées, M. Fouqué est arrivé dans le laboratoire de M. Appert à produire la dévitrification complète de verres de types très différents ; et il a reconnu ensuite à l'analyse l'existence de composés parfaitement définis, qui ont cristallisé successivement et d'une façon complète.

M. Appert cite une expérience bien faite pour éclairer sur l'état dans lequel les corps constitutifs des verres peuvent se trouver ; en partant d'un verre ferrugineux qui n'exerçait qu'une action très faible sur l'aiguille aimantée, on peut, après un temps prolongé, arriver à une dévitrification complète et la masse ainsi transformée était devenu puissamment magnétique ; il est évident qu'il s'est formé un corps nouveau, l'oxydule de fer cristallisé qui ne préexistait pas dans le verre.

M. Appert rappelle du reste qu'on trouvera dans le bulletin, le développement plus complet de ses déductions sur la composition des verres, déductions qui sont la conséquence de l'étude dont il vient d'esquisser les résultats.

M. Appert serait heureux, s'il a pu faire saisir l'intérêt pratique qui s'attache à cette application d'études qui, à première vue, paraissent exclusivement théoriques. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT est très frappé du parti si heureux que M. Appert a su tirer de cette branche nouvelle de la minéralogie qu'on a pu quelquefois considérer comme sans utilité immédiate. Il remercie M. Appert d'avoir bien voulu apporter à la Société la primeur de ses recherches — et applaudit aux succès obtenus par M. Appert.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. N. de Tédesco pour sa communi-

cation sur la *Résistance des matériaux. — Essai de méthode élémentaire commune aux ponts rigides et aux ponts articulés.*

Ce Mémoire a pour objet, d'une part, la recherche des formules relatives à la résistance et à la déformation des poutres articulées ; d'autre part, l'examen de ce que deviennent ces formules pour un nombre infini d'éléments infiniment petits. On retrouve alors les expressions correspondantes relatives aux poutres rigides, telles qu'elles sont données par l'analyse et le calcul intégral.

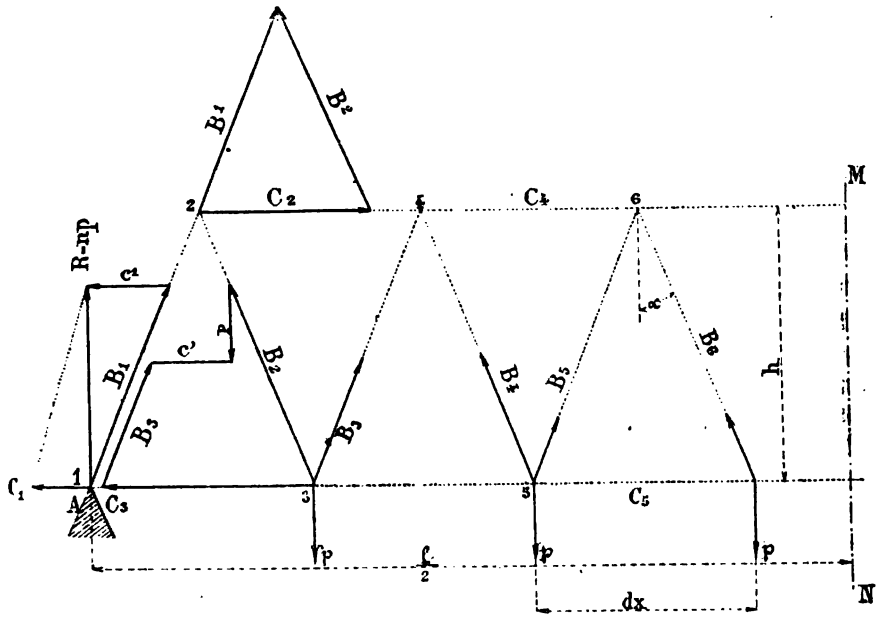


FIG. 1.

Soit, par exemple, une poutre articulée reposant librement sur deux appuis de niveau et uniformément chargée. Cette poutre sera du système Warren à triangles isocèles. Les sommets ou articulations 1, 2, 3... s'appellent *nœuds*, les côtés isocèles, *barres*, et les bases, *cordes*. Nous désignerons par B_1, B_2, B_3... et par C_1, C_2, C_3... les efforts subis par les barres et par les cordes. Soit α l'angle d'une barre avec la verticale, h la hauteur théorique du pont, dx la longueur d'une corde. On suppose que la poutre est chargée de poids p à tous les nœuds inférieurs, et que le nombre de ces nœuds pour une demi-poutre est n. La réaction sur un des appuis est donc np.

Une simple composition de forces permet de déterminer les efforts subis par les diverses barres ou cordes ; ces constructions graphiques, indiquées sur la figure (1), montrent la marche à suivre : on détermine tout d'abord les forces B_1 et C_1 qui font équilibre à la réaction np, puis les forces B_2 et C_2 qui équilibrent l'effort B_1, ensuite les forces B_3, C_3 qui font équilibre aux forces B_2, p et C et ainsi de suite.

A la seule inspection de cette construction, on remarque que les efforts subis par les barres issues d'un même nœud supérieur sont égaux et de signes contraires, et qu'ils diminuent à chaque nœud supérieur successif, en allant de l'appui vers le milieu de la poutre, d'une quantité correspondante à une charge p. Si donc on appelle x le nombre de nœuds chargés depuis l'appui jusqu'au nœud considéré, on aura d'une façon générale :

$$B = (n-x)\,p \times \frac{1}{\cos\alpha} \quad (1) \quad = \sum p \text{ (de } x \text{ à } n) \times \frac{1}{\cos\alpha}$$

Supposons que, le nombre n devenant infiniment grand, la portée l restant la même, dx et α décroissent jusqu'à devenir plus petits que toute quantité donnée, la poutre articulée sera transformée en poutre rigide, dont les rives seront les cordes contiguës, et l'âme les barres adjacentes. Les efforts sur les barres issues d'un même nœud supérieur étant toujours égaux et de signes contraires, et, de plus, verticaux tous les deux, la poutre sera soumise, dans la section verticale considérée, à un effort de cisaillement ou effort tranchant dont l'intensité T sera mesurée par :

$$T = (n-x)\,p \qquad (\cos\alpha = 1)$$

et comme n et x représentent des nombres de cordes, ils représenteront également les longueurs cumulées correspondantes, si l'on prend la corde dx comme unité ; c'est dire qu'on peut remplacer n par ndx ou $\frac{l}{2}$ et x par xdx ou x,

D'où : $$T = \left(\frac{l}{2} - x\right) p = \int_x^{\frac{l}{2}} p\,dx.$$

On voit que la forme de l'intégrale s'explique aisément ; cette notation revient à celle mentionnée ci-dessus. On peut remarquer également que, dans le pont rigide, p est toujours la charge afférente à une corde, c'est-à-dire à l'unité de longueur.

Si l'on passe aux efforts subis par les barres, la construction graphique montre que les forces développées dans les cordes sont dirigées vers le milieu de la poutre, pour les cordes supérieures (compression), et en sens inverse pour les cordes inférieures (extension) ; que C_1 est la projection horizontale de B_1, C_2 de $B_1 + B_2$, C_3 de $B_1 + B_2 + B_3$, et ainsi de suite ; les efforts subis par les cordes successives augmentent à chaque nœud de la projection horizontale de la barre correspondante ; si on remplace dans les valeurs des projections, $B_1 \sin\alpha$, $B_2 \sin\alpha$, etc., B_1 et B_2 par leur valeur $np \times \frac{1}{\cos\alpha}$, B_3, B_4 par $(n-1)\,p\,\frac{1}{\cos\alpha}$, et $\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$ par $\operatorname{tg}\alpha$ ou par $\frac{dx}{2h}$, on a pour valeur générale de C :

$$C = \frac{dx}{h}\Big[(n) + (n-1) + (n-2) \ldots + (n-x)\Big]\,p \qquad (2)$$

ou, en faisant la sommation des termes de la progression arithmétique :

$$C = \frac{dx}{h}\left(\frac{2n-x}{2}\right)(x+1)\,p \qquad (3)$$

Quand le nombre n devient infini, les efforts subis par deux cordes successives, l'une inférieure, l'autre supérieure, ne diffèrant que de la projection horizontale de l'effort sur la barre correspondante, diffèrent d'une quantité infiniment petite ; ces deux efforts, sollicitant les extrémités d'une même section, sont égaux, parallèles et de sens contraire, et forment un couple dont le moment est $C \times h$. Ce moment ayant pour effet d'obliquer la section, de la faire fléchir, on lui a donné le nom de moment fléchissant et on le désigne par μ.

Ce moment des composantes horizontales moléculaires Ch fait équilibre au moment des forces verticales. En effet, dans l'équation (2), les produits $pn\,dx$, $p\,(n-1)\,dx \ldots\ldots p\,(n-x)\,dx$, représentent les moments par rapport au milieu de la poutre, de toutes les charges échelonnées depuis l'appui jusqu'à la section x considérée ; on a donc :

$$C \times h = \sum M\,p \text{ (depuis } o \text{ jusqu'à } x) = \int_o^x M\,p\,dx.$$

Pour effectuer cette sommation, il suffit de faire n infiniment grand dans l'équation (3) ; l'unité de $(x+1)$ est négligeable devant x, nombre infiniment grand également, et dx est toujours égal à 1. D'où :

$$C \times h = \mu = \int_o^x M\,p\,dx = \left(\frac{l-x}{2}\right)px.$$

L'équation (2) est susceptible d'une autre interprétation. En effet, les produits np, $(n-1)\,p \ldots (n-x)\,p$, ne sont autre chose que les efforts tranchants T_o, $T_1 \ldots\ldots T_x$. On peut donc écrire :

$$C \times h = \mu = T_o\,dx + T_1\,dx \ldots + T_x\,dx,$$

ou :

$$C \times h = \mu = \int_o^x T\,dx.$$

Ce qui montre que le moment fléchissant peut s'obtenir par la somme des aires des rectangles élémentaires $T_o dx$, $T_1 dx \ldots T_x dx$, soit par l'aire de la surface enveloppe de ces rectangles, surface qui est limitée par la ligne représentative des efforts tranchants, depuis l'appui jusqu'à la section considérée.

La formule $Ch = \mu$ permet de calculer rapidement la section des rives, quand la hauteur h est grande par rapport à la hauteur des rives elles-mêmes (on prend alors pour h la distance entre les centres de gravité de ces sections). La section de la rive doit être telle que $C = R\omega$, et comme $Ch = \mu$, on a $\mu = R\omega h$. Ce qui permet de calculer ω.

On remarquera que, dans ce cas, le moment d'inertie est $\frac{\omega}{2}\,h^2$ et le

module de résistance $\frac{I}{v} = \frac{\omega}{2} h^2 \times \frac{2}{h} = \omega h$. La formule $\mu = R\omega h$ est donc équivalente à la formule $\mu = R \frac{I}{v}$.

Enfin, la même méthode analytique élémentaire permet de retrouver l'équation de la fibre neutre, et ce dans les cas plus complexes, poutre encastrée symétriquement, encastrée d'un seul côté, poutres continues.

La recherche des formules relatives aux déformations des ponts articulés entraine à des calculs longs et fastidieux, c'est vrai; mais, d'une part, elle n'est faite par aucun traité, au moins pour les cas complexes (peut-être pour cette raison); d'autre part, elle conduit à des procédés graphiques simples. En outre, elle semble devoir rendre des services aux écoles techniques, dans l'enseignement desquelles les mathématiques spéciales ne sont pas comprises, attendu qu'elle donne du même coup toutes les formules relatives aux ponts rigides et familiarise suffisamment les élèves avec le sens philosophique et les notations du calcul intégral, pour qu'ils puissent s'en servir avec fruit, à l'aide de tables ou de procédés graphiques.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Tédesco de la communication qu'il vient de faire et qu'étudieront avec intérêt tous ceux qui s'occupent de construction.

Il rappelle que l'ordre du jour appelle maintenant la suite de la discussion des communications de MM. Dumoulin et Jouffray sur le tirage forcé. — Il invite M. Michel Perret à présenter les observations qu'il a annoncées sur cette importante question.

M. MICHEL PERRET estime que la question traitée dans la précédente séance, du tirage forcé, est d'une grande importance, soit qu'on veuille employer les houilles menues, les fines; soit qu'on veuille, avec une surface donnée de générateurs, obtenir une plus grande production de vapeur, — ce qui est nécessaire avec les torpilleurs.

Lorsqu'on veut employer le tirage forcé et qu'on a à sa disposition des houilles grasses, rien n'est plus facile; il n'y a presque rien à changer. La preuve en a été donnée, dans ces derniers temps, par l'emploi que les chemins de fer se sont mis à faire des houilles menues. Il paraissait impossible de brûler ces houilles menues dans les locomotives; on a d'abord brûlé du coke, puis des agglomérés; ce n'est que tout récemment qu'on en est venu aux houilles menues. On s'est demandé comment on avait été si longtemps à faire une chose si simple, puisqu'il n'y a presque rien à changer dans la disposition des grilles.

Une anecdote bien ancienne fera saisir d'où venaient ces préventions.

Il y a environ cinquante ans, peu après que Marc Seguin eut construit ses premières chaudières tubulaires, M. Michel Perret essayait les premiers bateaux à vapeur sur la Saône. Pour leur service les meilleurs charbons semblaient nécessaires. Un jour, arrêté par manque de combustible, M. Michel Perret trouve à acheter chez un maréchal ferrant de la houille grasse menue; il l'embarque et en charge le foyer. Les résul-

tats furent aussi bons que ceux obtenus les jours précédents avec la grosse houille. Il faut dire que grâce à l'échappement de la vapeur dans la cheminée, on réalisait le tirage forcé.

Si malgré cet essai heureux, l'emploi des menus a été si longtemps condamné, il faut l'attribuer à la résistance des chauffeurs ; et la preuve de la valeur des houilles menues n'a pu être faite que quand on eut pris le parti de faire participer les chauffeurs aux bénéfices de l'opération, et alors les résultats ont été bons.

M. Michel Perret reconnait que le problème est bien plus difficile lorsqu'on veut brûler des combustibles menus, secs et ne s'agglomérant pas ; il faut alors avoir recours au resserrement des barreaux des grilles, il faut arriver à ne donner aux barreaux que 0,003 *m* d'écartement seulement, et puisque ces conditions de 0,003 *m* d'écartement des barreaux sont indispensables, on conçoit que la moindre altération de la grille a de suite de graves inconvénients. Il fallait donc aviser au moyen de rendre la grille inaltérable, et c'est dans ce but qu'on a songé à refroidir la grille. On a employé à tort le mot de grille immergée : en réalité c'est une grille qui a de hauts barreaux dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau ; dès lors les barreaux ne s'altèrent plus et les 0,003 *m* d'écartement se maintenant, on a pu continuer ainsi à brûler indéfiniment de la houille maigre. Cette immersion des barreaux de la grille dans l'eau produit un phénomène spécial : l'eau se vaporise, et la vapeur passant au travers de la masse embrasée s'y décompose. On a longtemps prétendu que cette décomposition ne pouvait rien produire, que la dissociation des deux éléments enlevait une certaine quantité de chaleur. Cependant l'intervention de l'eau produit des avantages très marqués. En effet, les gaz combustibles étant plus riches, par la réduction du volume dé l'azote, donnent plus de chaleur sous un même volume ; le fait est très net avec les gazogènes, il l'est moins pour les grilles de chaudières, et cependant il se produit un effet réel, peut-être dû au moindre volume de gaz évacués par la cheminée.

M. Michel Perret tient en finissant à signaler un fait qui l'a étonné, mais qu'il a dû cependant admettre : plus le tirage forcé est intense, moins les résultats utiles sont bons par rapport au combustible brûlé ; plus la pression de vent augmente, plus le feu devient intense, mais moins la production de vapeur par kilogramme de houille est forte.

Ainsi dans une usine où on produisait couramment 7 et 8 *kg* de vapeur par kilogramme de houille, l'introduction du vent forcé a fait tomber le rendement à 4 *kg*.

L'emploi du vent forcé est commode ; le chauffeur en use volontiers ; mais c'est une arme coûteuse qu'on met entre ses mains.

Dans l'usine en question, malgré des carnaux de fumée de 120 *m* de longueur et une cheminée de 40 *m* de hauteur, on obtenait un panache de flamme au sommet de la cheminée dès qu'on marchait à vent forcé.

Il y avait donc production d'une grande quantité d'oxyde de carbone qui quittait le foyer sans se brûler ; il est probable qu'à très haute température la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone est beaucoup plus facile, et s'opère même avec de faibles épaisseurs de

combustible; et, par suite, la marche à vent forcé produit des effets peu différents de la marche en gazogène.

Ce qui a été constaté dans cette usine, c'est ce qui a été constaté dans les torpilleurs.

Il faut donc être très prudent dans l'emploi du vent forcé, et prendre toujours en même temps des mesures pour assurer la combustion complète de l'oxyde de carbone produit; ce sont ces mesures complémentaires qui ont le plus souvent été négligées.

M. Michel Perret pense qu'il en a assez dit, — après tout ce qui a été développé précédemment, — pour montrer l'extrême importance de la question, trop peu étudiée jusqu'ici. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT partage l'avis de M. Michel Perret et le remercie d'avoir bien voulu venir faire profiter la Société de sa grande et longue expérience.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. A. Lencauchez qui désire compléter les observations sommaires qu'il a présentées à la précédente séance.

M. A. LENCAUCHEZ dit que l'effet de l'arrosage des cendriers de gazogènes ou de grilles n'est pas du tout le même; dans le premier cas, on peut décomposer 350 *g* de vapeur d'eau par kilogramme de combustible sec et faire passer le gaz de coke, par exemple, de 900 calories le mètre cube à 1 210 calories, les gaz étant ramenés à 0° et à 760 pour leur comparaison; de sorte qu'avec des gazogènes à sole arrosée, avec robinet régulateur, et fermés hermétiquement avec des portes spéciales à cet effet, on peut réaliser pour le chauffage des fours métallurgiques et autres une économie de 200 à 300 calories par mètre cube à 900 calories, soit de 33 0/0; mais, dans le second cas, il n'en est plus de même, car si une grille chauffe directement une chaudière à vapeur, il n'y a plus généralement de récupération; l'action étant directe, si une faible quantité de vapeur d'eau traverse une couche de combustible de 80 à 120 *mm*, elle peut être décomposée et reconstituée partiellement; l'action étant égale à la réaction, on arrive à 0, dans les conditions les plus favorables : on risque de perdre, mais jamais de gagner. Dans la pratique, il est nécessaire de protéger les barreaux contre l'action corrosive des laitiers ou mâchefers, de là l'arrosage ou le bain d'eau du cendrier qui, par son action réfrigérante, s'oppose à la destruction de la grille. Le bain d'eau a encore l'avantage d'éteindre les escarbilles rouges au fur et à mesure de leur chute, ce qui s'oppose à ce que la grille se trouve placée entre deux feux, auquel cas sa destruction serait l'affaire de quelques heures dans beaucoup de cas.

Mais tout ceci est connu depuis longtemps, l'action réfrigérante du bain d'eau a pour effet encore de solidifier les mâchefers sur la grille et de les transformer en une grossière éponge, sur laquelle on brûle très bien les combustibles secs et pulvérulants.

Cependant il faut reconnaître que le calorique latent de formation de la vapeur, dans le cendrier, *est bien du calorique perdu en totalité;* car, en effet, la vapeur d'eau ne pouvant être condensée dans les fumées, emporte dans la cheminée tout son calorique latent de formation, plus à poids égal une quotité de calorique spécifique double de celui des gaz

permanents, vu que la capacité de la vapeur d'eau pour la chaleur est 0,48, tandis que celle des gaz n'est que de 0,23 (du moins pour ceux que nous avons ici à considérer). Donc, l'emploi de la vapeur d'eau, soit l'arrosage du cendrier ou de son bain, est d'une très grande utilité pratique, mais est une cause de diminution de 1 à 2 0/0 du rendement théorique de la combustion, qui est très largement compensée par les avantages pratiques que M. Lencauchez vient de signaler.

M. Lencauchez dit ensuite que l'emploi du vent dans les foyers peut avoir deux buts bien différents :

1° Si le combustible est lourd et sec, comme les houilles anthraciteuses, et s'il est en poussière, il faut un très fort tirage pour que l'air puisse traverser la grille et sa charge : ce tirage doit, pour les chaudières fixes, faire un vide de 10 à 15 *mm*; si la cheminée ne peut donner ce vide, il faut faire la différence par une soufflerie quelconque; donc, si on a besoin d'une dépression totale de 15 *mm* et que la cheminée ne fasse sur la grille qu'un vide de 7 *mm*, il faut souffler le cendrier sous la pression de 8 *mm*, étant bien entendu que le courant d'air ne doit pas être assez violent pour entraîner le combustible. Quant à l'étendue de la surface de grille, elle doit être telle que l'air aspiré ou soufflé trouve une surface de filtration assez grande pour ne pas prendre des vitesses capables de soulever le combustible grenu, menu ou poussiéreux, plus ou moins sec. Il faut bien reconnaître ici que la forme des barreaux de grille n'est absolument pour rien dans les résultats obtenus, où la surface et le serrage des barreaux de celle-ci sont tout exclusivement.

2° Si le combustible est gras, demi-gras ou même maigre, mais brûlé en couche épaisse, il peut se produire des distillations de gaz combustibles avec formation de quantité plus ou moins grande d'oxyde de carbone qui, malgré un grand excès d'air, ne brûle que très imparfaitement, ainsi que les moyennes ci-dessous, de vingt analyses de fumée, le font voir :

	CO^2	O	CO
1re moyenne	8,66	7.00	5,94
2e —	9,00	9,00	4,5

Pour forcer la combustion complète à se produire dans les locomotives, on a recours à la voûte en briques ou mieux encore à la cloison Ten-Brinck, avec addition d'air secondaire venant brasser et mélanger intimement, dans la zone la plus chaude du foyer, $C^2 H^4$, $C^4 H^4$, H et C O avec O pour former finalement $C O^2$ et H O, naturellement avec 20 à 40 0/0 d'air en excès Az et O.

Mais, pour les chaudières fixes, où l'on n'a pas le tirage violent de la locomotive, on a recours à cet artifice :

La grille, suivant la nature du combustible, est à barreaux plus ou moins écartés et d'une surface convenable pour brûler, par le simple tirage de la cheminée, la quantité de houille requise; le cendrier est à cuvette remplie d'eau alimentée d'une façon constante, par un robinet régulateur; les 90 ou 95 centièmes de l'air nécessaire à la combustion pratique, soit avec 20 0/0 en excès sur la quantité théorique, traversent la grille et 5 à 10 0/0 de l'air sont injectés sous forme de vent à la pression de 100

à 160 *mm* d'eau, par un fer à cheval de buses de 30 *mm* de diamètre; ce vent produit le mélange intime des gaz et de l'air à 250 ou 300 *mm* au-dessus de la charge de combustible et donne la combustion complète.

Quant à la pression du vent, elle est proportionnelle à l'étendue de la grille, car celui-ci doit avoir la force de traverser de part en part le foyer pour briser le parallélisme des veines gazeuzes qu'il doit mélanger intimement. Les buses d'injection sont en terre cuite extraréfractaire de première qualité; de plus, elles sont placées en retraite de 100 à 110 *mm* de la verticale des parois du foyer, afin de ne pas être vitrifiées par la haute température qui est développée en ce point.

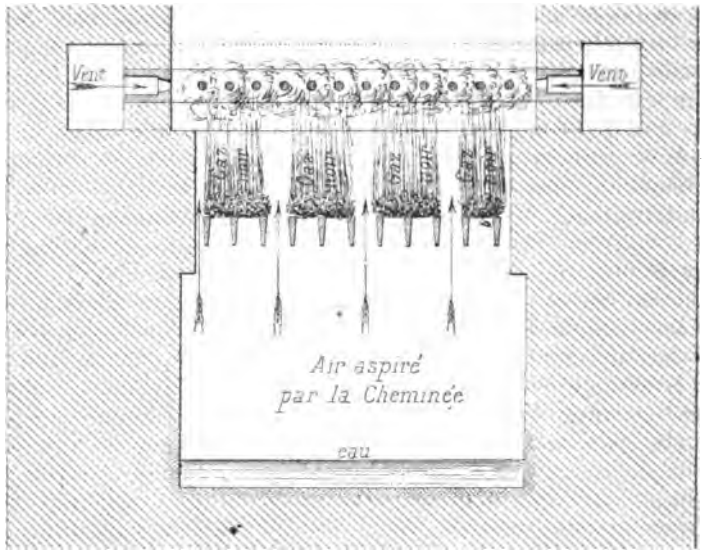


FIG. 2.

Pour ce qui regarde l'excès de volume d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de houille, on voit d'après les expériences comparatives de la Société industrielle de Mulhouse (reproduites dans *la Mécanique pratique* (*Machines à vapeur*) de A. Morin et H. Tresca, 1863; Hachette, éditeur, § 361, p. 363), que cet excès peut atteindre 50 0/0 sans être nuisible.

	Volume d'air par kilogramme. (1)	Poids correspondant de cet air.	Température de la fumée à sa sortie.	Vaporisation par kilo de la même houille.
	—	—	—	—
Chaudière Zambeaux . . .	7,23 *m*	9,35 *kg*	262°	7,68 *kg*
— Dollfus.	8,58	11,09	441	6,71
— Prouvost. . . .	16,36	21,15	184	7,69
— Molinos et Pronnier	17,25	22,30	257	7,73

(1) La houille employée était celle de Ronchamps.

(Voyez aussi l'ouvrage de M. Lencauchez sur les combustibles, pages 159 à 176, chez Bernard-Tignol, quai des Grands-Augustins, à Paris).

Après avoir donné ce tableau, MM. Morin et Tresca disent : « On se-
» rait tenté de conclure de ces chiffres qu'on peut brûler aussi bien le
» combustible avec 16 m^3 qu'avec 8 m^3 par kilogramme de houille ».

Donc si les buses d'injection latérale ne peuvent fournir que 25 0/0 au maximum de l'air total, ces 25 0/0 fussent-ils complément en excès, qu'ils ne pourraient point diminuer la production de la vapeur.

La chaudière Zambeaux est tubulaire verticale, la chaudière Prouvost est semi-tubulaire, la chaudière Molinos et Pronnier est horizontale tubulaire à échauffement graduel et méthodique, seule la chaudière Dollfus est à bouilleurs, aussi son infériorité est-elle manifeste.

Il y a, dit M. Lencauchez, un coefficient de rendement en matière de production de vapeur, dont il n'a été nullement question jusqu'ici; ce coefficient, c'est la personne du chauffeur; son habileté, son courage et sa bonne volonté valent en moyenne 15 0/0; mais ses préjugés, son ignorance et sa mauvaise volonté valent aussi, mais négativement, 15 0/0; donc, dans des essais entre de bons et de mauvais chauffeurs, on trouve des différences de rendement de 30 0/0, dont les inventeurs habiles savent se servir et tirer très bon parti, en ce qui concerne leurs intérêts d'inventeurs.

M. Lencauchez, abordant la question des torpilleurs, dit : « On s'est trompé en croyant qu'on pouvait araser par le bas une chaudière du type des locomotives, de façon à avoir dans le même plan horizontal le premier rang de tubes et la grille, vu qu'il fallait se loger entre quille et pont; cet arasement a eu pour effet :

» 1° De s'opposer à la circulation de l'eau entre les murailles des parois des boîtes à feu, de là des poches de vapeur, de là la mise à sec desdites parois, et de là les coups de feu mettant hors service en quelques jours la chaudière d'un torpilleur (dite du type locomotive, ce qui est une profonde erreur). Là-dessus on a fait des théories pour donner aux chaudières des torpilleurs mille heures de service, parce que soi-disant on les fait produire à outrance: ce qui en réalité n'est pas, car si elles

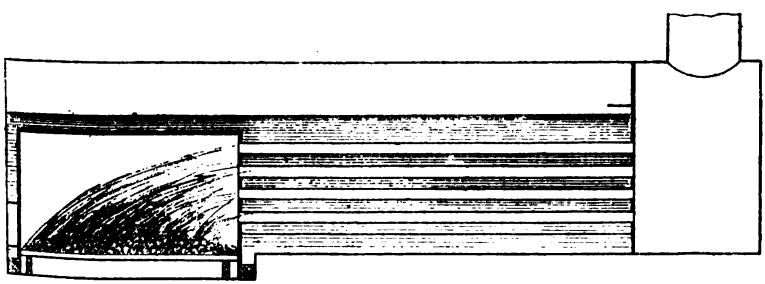


FIG. 3.

consomment beaucoup de combustible, elles produisent très peu de vapeur par 1 *kg* de ce combustible.

2° De transformer la grille en un mauvais gazogène, car on a voulu aussi brûler 450 *kg* de grille par heure et par mètre carré de surface de grille, alors qu'on n'aurait pas dû dépasser 100 *kg*; mais comme

une surface quatre fois plus grande était impossible à loger, on a pensé à remplacer le tirage des locomotives par le vent dans les salles des chaudières, afin d'arriver à la même différence de pression entre le cendrier et le sommet des cheminées; ce qui aurait été parfait, si les chaudières eussent bien été celles des locomotives; ainsi prenant celles d'Orléans pour type de comparaison et qui passent, à juste titre, pour les plus perfectionnées, qui brûlent facilement 450 *kg* par mètre carré de surface de

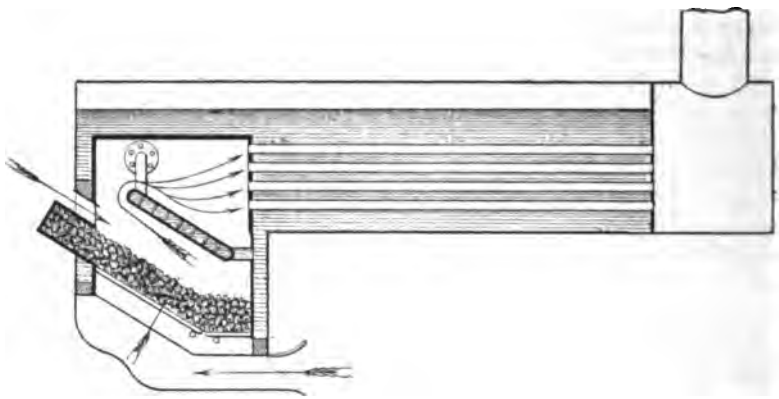


FIG. 4.

grille et par heure de tous genres de combustibles et briquettes diverses, en donnant la combustion complète *sans trace de fumées* même avec des charbons de l'Aveyron à 36 0/0 de matières volatiles; nous voyons que, sans fatigue aucune, elles produisent par heure 7000 *kg* de vapeur, soit 50 *kg* par heure et par mètre carré moyen, tandis que les chaudières des torpilleurs, pour produire la moitié, soit 3500 *kg*, ont brûlé leurs boîtes à feu; la consommation de combustible a bien été aussi grande que celle des locomotives, mais ce combustible *de grand luxe*, dit aggloméré d'Anzin spécial pour torpilleur, y donne de l'oxyde de carbone : il suffit de comparer les figures 3 et 4 pour voir qu'avec des épaisseurs de charges de 250 à 350 *mm* de combustible, on ne peut avoir que la marche en gazogène, c'est-à-dire avec de l'air primaire traversant la grille pour faire de l'oxyde de carbone, etc., etc., de l'air secondaire pour brûler dans une vaste chambre de combustion les gaz combustibles formés par l'air primaire. Le foyer d'Orléans réalise parfaitement bien la combustion complète avec le minimum d'air pratiquement indispensable et *avec fumivorité absolue*; la voûte en brique remplaçant la cloison Ten-Brinck donne aussi une fumivorité satisfaisante et une bonne combustion pour les mêmes raisons; foyer et chambre de combustion séparés, air primaire et air secondaire agissant successivement, le premier dans la charge sur la grille et le second dans la chambre de combustion.

Mais dans les chaudières de torpilleurs figure 3 il ne saurait en être ainsi, vu qu'une couche de combustible supérieure à 120 *mm* est la cause d'une production de gaz combustibles qui ne peuvent brûler avant leur introduction dans les tubes vaporisateurs; la disposition indiquée figure 2

serait encore insuffisante vu le manque absolu de chambre de combustion.

M. Lencauchez fait remarquer que, dans la précédente séance, il a fait voir que, pour les torpilleurs, il faut gagner en longueur, ce qui fait défaut en hauteur sous le pont ; et, pour ce, faire comme la Haute-Italie : adopter le système de la chaudière Fairbairn, en l'additionnant d'entretoises d'injections de vent du système Molinos et Pronnier et de plus, par deux communications spéciales, faciliter la circulation de l'eau autour de la boite à feu (*fig.* 5 et 6).

En effet la largeur de la lame d'eau autour des foyers est de 0,075 *m*. C'est le minimum auquel on a pu arriver dans les locomotives, car il faut placer la chaudière entre longerons et, pour les machines à voyageurs, c'est à peine si on arrive à une largeur de grille de 1,040 *m*. Mais dans les torpilleurs, si on ne peut avoir de la hauteur on peut prendre un peu sur la largeur et porter la lame d'eau de 0,075 *m* à 0,120 *m* ; de même on peut à la base du cadre de foyer faire deux demi-cercles extérieurs T T (*fig.* 5) et les raccorder à deux tuyaux T' (*fig.* 6), facili-

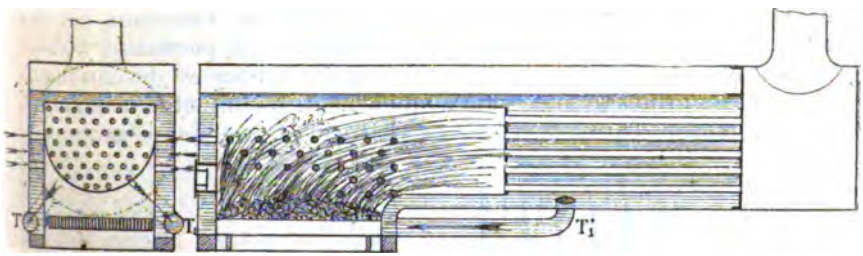


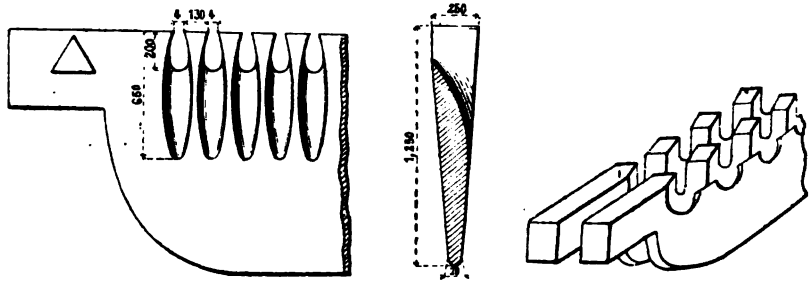
FIG. 5. FIG. 6.

tant encore la circulation de l'eau autour du foyer. En portant à 0,200 *m*, 0,250 *m* ou 0,300 *m* les demi-cercles T et les tuyaux T', on peut assurer une bonne circulation d'eau dépassant toutes limites, car le plancher d'entre-pont (ici de dessous le pont) ne gêne pas du tout le placement de T et de T'. De ce côté, on ne peut faire aucune objection ou critique. Il en est de même pour les buses d'injection d'air du système Molinos et Pronnier ; la chambre étant soufflée, le vent se règle au moyen d'un registre-tiroir distributeur avec la plus grande facilité, pour l'introduction de l'air secondaire ; alors on peut marcher avec une couche de combustible aussi forte que celle des locomotives d'Orléans, en ayant la combustion complète produisant la fumivorité *absolue* et ceci en brûlant complètement, comme dans les locomotives, 450 *kg* de houille ou de bonnes briquettes par heure et par mètre carré de grille et non pas en les consommant en production d'oxyde de carbone et de gaz de distillation, faisant une fumée noire, intolérable dans le jour, et faisant de la cheminée un colossal bec de gaz la nuit, ainsi que font aujourd'hui la plus grande partie des torpilleurs de tous les pays. De plus, le combustible étant brûlé complètement en CO^2 et HO produira 9 *kg* de vapeur réelle par kilogramme de briquette dite à torpilleur, marque d'Anzin ; d'où il suit

que, sans rien changer, une amélioration de la combustion sera encore pour les torpilleurs une cause d'augmentation de vitesse, puisque de 6 *kg* la production sera portée à 9 *kg;* la puissance sera donc augmentée de moitié et la vitesse s'accroîtra de un sixième, ce qui est de la plus haute importance en marine militaire, *après avoir obtenu la fumivorité absolue.*

M. Lencauchez termine en disant que la nécessité d'augmenter de 1,500 *m* à 2 *m* la longueur des chaudières des torpilleurs force à couper ceux-ci, pour les allonger de 2 à 3 *m*; mais comme ces petits navires réclament des modifications de coque, il faut en profiter pour les doter de la chaudière qui leur convient, c'est-à-dire de la chaudière Fairbairn perfectionnée, ainsi que font les chemins de fer de la Haute-Italie, pour leurs grosses machines à voyageurs de montagne à dix roues, dont six sont accouplées, mais avec les additions indiquées figures 5 et 6. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance d'une lettre de MM. Goguel, Diehl et Cie, de Sainte-Marie-aux-Mines, qui estiment que les observations de M. Jouffray sur le tirage forcé et les types de grilles sont très justes. Ils signalent qu'ayant dû remplacer la houille en morceaux par des fines, et ayant dépassé le nombre des chaudières qui pouvaient normalement être attelées sur une même cheminée, le tirage est devenu insuffisant et les grilles se sont brûlées rapidement. Ils ont utilement substitué aux anciens barreaux écartés des barreaux très élevés espacés seu-



lement de 4 *mm* et disposés de façon à former une sorte de carrelage en quinconce. Ce type de barreau a permis l'emploi du vent forcé, et n'est pas sujet à être altéré par la chaleur du foyer.

Quant à l'économie réalisée, MM. Goguel et Cie indiquent le chiffre de 3 0/0 sans pouvoir le garantir.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président déclare la discussion close.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR

LE TIRAGE FORCÉ

ET

SON APPLICATION AUX CHAUDIÈRES MARINES

PAR

M. Maurice DEMOULIN

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

On dit que le tirage d'un foyer est *forcé* lorsque l'appel de l'air à travers le combustible et le mouvement des gaz dans les tubes ou les carneaux du générateur correspondant sont produits par des moyens artificiels, autres que l'ascension naturelle des produits de la combustion dans la cheminée.

Le tirage forcé s'est récemment répandu dans la marine, et il est certainement appelé à se généraliser, tant pour les bâtiments de guerre que pour certaines catégories de navires du commerce. C'est toutefois à la locomotive, et dès le début de sa création, que ce mode de tirage a été tout d'abord appliqué.

Il y a entre le tirage naturel et le tirage artificiel une différence de degré, non de principe. Le dernier, ayant pour but, soit de parer à une trop faible hauteur de cheminée imposée par certaines conditions spéciales, soit d'obtenir d'une chaudière de faible volume une puissance relativement considérable, offre actuellement peu d'intérêt en ce qui concerne les chaudières fixes, pour lesquelles on se trouve moins limité sous le double rapport du poids ou de l'encombrement. Il n'en est pas de même des locomotives et des machines marines à grande vitesse pour lesquelles il acquiert une importance primordiale. C'est en grande partie grâce au tirage forcé que l'on a pu obtenir sur mer les grandes vitesses qu'atteignent les torpilleurs, certains cuirassés et paquebots. Nous disons seulement *en grande partie*, car l'adoption des machines à détentes

fractionnées, du condenseur à surface et des chaudières à haute pression ont eu également une grande influence. Ces différents perfectionnements se complètent, mais la suppression du tirage artificiel entrainerait pour les torpilleurs ou les croiseurs modernes une perte considérable de puissance ou de vitesse.

Il existe trois manières de produire le tirage artificiel à bord des navires. La plus simple et la moins efficace aussi, en ce sens qu'elle ne produit que de faibles dépressions, à moins d'une dépense considérable de vapeur, consiste à envoyer, à la base de la cheminée, un jet de vapeur à l'aide d'un tuyau annulaire percé de petits trous. Ce système n'est plus guère employé aujourd'hui à bord des bâtiments dont nous nous occupons, aussi ne nous y arrêterons-nous pas. Il présente une mauvaise utilisation de la vapeur et possède le défaut, très grave pour les bâtiments de mer à grande vitesse, d'entrainer une perte d'eau douce. Bien que l'on ait accru le rendement au moyen d'appareils spéciaux tels que les éjecteurs Koerting, le tirage par jet de vapeur a fait son temps. Il est seulement utile à bord des navires, dont les machines fonctionnent au tirage naturel, pour éclaircir les feux à un moment donné et remédier à une diminution momentanée du tirage.

Par la seconde méthode, on insuffle, à l'aide de conduits, le courant d'air produit par les ventilateurs, dans les cendriers, sous les grilles.

Le troisième procédé, le plus répandu aujourd'hui, et connu sous le nom de tirage *en vase clos*, consiste à lancer, au moyen de ventilateurs, dans les chambres de chauffe hermétiquement fermées, et à une pression de quelques centimètres d'eau, l'air nécessaire à la combustion.

C'est ce dernier système qui est le plus généralement appliqué à bord des torpilleurs et des grands navires de guerre. Toutefois, pour les petites installations surtout, il paraît appelé à céder le pas au mode de tirage précédent dont certains avantages commencent à se faire jour.

Examinons maintenant quels sont les avantages et les inconvénients inhérents à ces différents systèmes et que l'on peut, croyons-nous, résumer comme suit :

Le tirage forcé en chambre close a l'inconvénient d'exiger des dispositions spéciales pour assurer l'étanchéité des chambres de chauffe, ce qui complique, en outre, le service. Les hommes, enfermés, se sentent pour ainsi dire isolés du monde extérieur et perdent confiance. Qu'un tuyau de vapeur ou un joint vienne à crever,

céder, et ils courent risque d'être brûlés. En cas d'accident, ils leur est plus difficile de s'échapper.

Lorsque l'on ouvre la porte du foyer, pour charger la grille, une véritable trombe d'air frais se précipite par cette ouverture et vient, avant de s'être suffisamment réchauffée, en contact avec les parois de la boîte à feu, la plaque tubulaire et les tubes eux-mêmes. Outre que la production de la chaudière et l'économie du fonctionnement se trouvent diminuées par ce refroidissement périodique, les divers joints du foyer et surtout les assemblages des tubes sur les plaques se trouvent soumis à des contractions et dilatations successives dont ils ont beaucoup à souffrir. Il ne faut pas aller chercher ailleurs, dans bien des cas, les causes de fuites dans les foyers.

Le tirage en vase clos a surtout dû la préférence dont il a été l'objet à la crainte, démentie par l'expérience, de voir le tirage se répartir inégalement sur la grille si l'air est insufflé directement dans le cendrier ; en réalité, il présente l'avantage d'offrir à l'air, comprimé par les ventilateurs, un volume plus grand, ce qui diminue les irrégularités du tirage. En outre, les produits de la combustion ne peuvent être refoulés à travers les fentes de la porte du foyer et revenir dans la chaufferie. D'ailleurs, cet inconvénient du tirage par insufflation directe dans les cendriers peut être diminué si l'on exécute avec soin les joints des portes de chargement et si l'on prend la précaution d'envoyer également une lame d'air, dans la direction du fourneau, au pourtour de l'ouverture.

Le principal avantage du tirage en vase clos est d'assurer la ventilation des chaufferies d'une manière très complète.

Les hommes de service, environnés par l'air frais, sont ainsi moins exposés à souffrir de la chaleur intense du foyer et du rayonnement des chaudières, que l'on doit, du reste, s'attacher à diminuer le plus possible au moyen d'enveloppes isolantes. Ajoutons que l'on n'est plus forcé d'arrêter le vent pendant les chargements ou le nettoyage des cendriers, mais, ainsi que nous venons de le voir, c'est là un médiocre avantage, puisqu'il est accompagné de refroidissements nuisibles du foyer et du faisceau tubulaire.

Lorsqu'on fait usage du tirage par insufflation directe, on doit prendre soin de dériver une partie du vent pour aérer la chambre de chauffe où la température deviendrait insupportable sans cette précaution.

Quoi qu'il en soit, le tirage en vase clos reste à peu près obligatoire pour les bâtiments comprenant un grand nombre de corps

de chaudières. Avec tout autre système, les conduits de vent seraient trop nombreux et trop compliqués. En outre, il serait à craindre que le tirage se répartisse moins également sur les différentes grilles.

Nous envisagerons le tirage forcé dans les deux genres d'applications dont il est susceptible : *Augmentation de l'intensité de la combustion ; amélioration de cette dernière et production économique de la vapeur.*

Le tirage forcé considéré au point de vue de l'augmentation de puissance.

Le tirage forcé permet, grâce à une intensité plus grande de la combustion, d'obtenir une puissance donnée d'une grille plus petite, et, si l'on ne s'attache pas à l'économie de combustible. d'une chaudière réduite dans la même proportion.

Intensité de la combustion. — A bord des paquebots ayant de hautes cheminées et où la chauffe est bien conduite, on peut brûler au tirage naturel jusqu'à 90 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure. Pour les navires plus petits, il est bon de ne pas compter sur plus de 65 à 70 *kg*.

Avec le tirage artificiel, on peut augmenter ces chiffres dans une proportion considérable. A notre connaissance, la combustion la plus active que l'on ait réalisée dans un foyer de chaudière à vapeur a été obtenue sur les torpilleurs *Thornycroft*, où l'on a brûlé jusqu'à 550 *kg* de charbon par heure et par mètre carré de grille. Dans les torpilleurs de construction plus récente, on a calculé plus largement les grilles, de manière à ne pas dépasser une combustion de 400 *kg* par mètre carré de grille, ce qui entraine déjà une grande fatigue des chaudières (1).

Un semblable tirage ne convient pas également à tous les combustibles. Un charbon léger sur la grille ne supporte pas une pression de vent considérable. Les tubes sont vite bouchés par les particules de charbon emportées par la violence du tirage. Il en résulte une diminution de rendement due à la notable quantité de combustible que l'on perd ainsi, et une réduction rapide de la production totale provenant de l'obstruction des tubes.

(1) Les locomotives express, consommant des charbons de bonne qualité en couches épaisses, brûlent souvent au delà de 400 *kg* par heure et par mètre carré de grille. Ainsi une machine qui dépenserait 10 *kg* par kilomètre et qui posséderait une surface de grille de 2 m^2, brûlerait, à la vitesse de 80 *km*, 400 *kg* par mètre carré de grille et par heure.

En outre, un charbon qui n'est pas très pur amène, avec le tirage forcé, un rapide encrassement des grilles, puisque, dans le même temps, on brûle des quantités doubles et jusqu'à quintuples, par unité de surface de grille.

Ces faits contribuent à expliquer pourquoi les locomotives anglaises, qui brûlent en général d'excellent charbon, peuvent supporter un tirage des plus violents et fournir, avec une chaudière et un foyer généralement plus petits, une puissance égale à celle des locomotives du continent, plus lourdes et comportant des chaudières plus volumineuses, mais alimentées avec un combustible inférieur.

Une pareille intensité de combustion n'est jamais réalisée qu'au moyen de chaudières locomotives, lesquelles conviennent mieux que toute autre à ce genre d'application. Avec les chaudières marines ordinaires à retour de flamme ou à tubes directs, on ne dépasse guère 250 *kg* par mètre carré de grille. Nous verrons plus loin quelle en est la raison.

Pression d'air et sa relation avec l'activité de la combustion — Il existe une relation évidente entre la pression du vent et la quantité de charbon brûlée par unité de surface de grille bien qu'on n'ait pu encore la mettre en formule. Tant que la combustion ne dépasse pas 200 *kg* par mètre carré, on peut considérer que les pressions d'air sont sensiblement entre elles comme les carrés des poids correspondants de charbon à brûler par unité de surface.

Cette pression dépend du reste de causes d'un ordre pratique, indépendamment de l'activité du foyer : installation des ventilateurs et des grilles, forme du foyer, diamètre des tubes, nature du combustible, propreté du feu, etc.

Pour fixer les idées, nous donnons quelques tableaux contenant les résultats d'essais de différents bâtiments et torpilleurs. On y remarquera que la pression d'air ne dépasse dans aucun cas 160 *mm* en colonne d'eau; ordinairement on compte, pour les torpilleurs, à allure maximum, sur un tirage de 70 *mm*; pour les navires de guerre plus grands, on ne dépasse guère 20 à 30 *mm*, ce qui correspond à une combustion de 110 à 250 *kg* par mètre carré de grille et par heure.

Rendement des chaudières fonctionnant à tirage artificiel. — Conditions qui peuvent tendre à l'améliorer.

Nous considérerons surtout, dans ce paragraphe, les chaudières

du genre locomotive, bien que les règles soient à peu près applicables à tous les générateurs tubulaires. Notre choix est motivé par ce fait que les combustions les plus intenses ont été réalisées avec des chaudières locomotives, ce qui permet de pousser plus loin l'étude de la vaporisation.

D'une manière générale, le rendement décroît à mesure que l'intensité de la combustion augmente, mais seulement à partir d'un certain degré, assez vite atteint, du reste, et surtout si on ne complète pas l'application du tirage forcé par certaines dispositions ayant pour but d'améliorer la combustion. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet intéressant.

On voit d'après les tableaux suivants, donnant les résultats d'essais effectués avec des chaudières de torpilleurs, que, la vitesse de combustion étant doublée, le rendement de la chaudière passe, dans un cas, de 0,525 à 0,444 et que, dans l'autre cas, la vaporisation par kilogramme de charbon passe de 7,06 *kg* à 5,97 *kg*.

Résultats d'essais effectués sur des chaudières de torpilleurs.

Tableau n° 1.

NUMÉROS DES ESSAIS	1	2	3	4
Surface de chauffe S	57,40 m^2	57,40 m^2	57,40 m^2	57,40 m^2
Surface de grille s	1,755 m^2	1,755 m^2	1,755 m^2	1,755 m^2
Rapport $\frac{S}{s}$	32,7	32,7	32,7	32,7
Poids de charbon brûlé par mètre carré de grille et par heure. . .	468 *kg*	385 *kg*	306 *kg*	228 *kg*
Vaporisation d'un kilogramme de charbon	7,15 *k*	7,60 *k*	7,90 *k*	8,49 *k*
Température à la cheminée.	776°c.	676°c	638°c	572°c
Pression d'air en millimètres d'eau.	152	102	76	50,8
Rendement de la chaudière	0,444	0,472	0,490	0,525
Épaisseur de la couche de combustible. . . . { AV. . . .	0,140 *m*	0,101 *m*	0,140 *m*	0,089 *m*
AR. . . .	0,355 *m*	0,279 *m*	0,255 *m*	0,219 *m*
Rapport du poids de l'air comburant au poids du charbon brûlé. . . .	22,5	24,5	25	25,5
Durée de l'essai.	1h27′	1h39′	2h7′	2h

TABLEAU N° 2.

NUMÉROS DES ESSAIS	1	2	3	4
Pression de vent au cendrier en millimètres d'eau.	13,3	83	58	38
Pression de vent au foyer.	110	76	48	34
Charbon brûlé par mètre carré de grille.	470 *kg*	387 *kg*	305 *kg*	283 *kg*
Température dé l'eau d'alimentation	13°5	12°5	14°	12°
Vaporisation par heure et par mètre carré de surface de chauffe . . .	84,7 *kg*	73,5 *k*	61,5 *kg*	51,5 *kg*
Vaporisation par kilogr. de charbon.	5,97	63,3	6,60	7,06

Encore, ces résultats sont-ils obtenus entre des limites pratiques, au delà desquelles la vaporisation augmenterait fort peu pour une accroissement considérable de la dépense de charbon. On peut concevoir que la production d'une chaudière ne puisse dépasser un certain chiffre, quelle que soit l'intensité de la combustion.

On ne doit pas, même pour les appareils des navires à grande vitesse, sacrifier complètement le rendement pour obtenir le maximum de vaporisation dont une chaudière est susceptible; la faible diminution de poids subie par le générateur serait largement compensée par l'excédent de combustible à emporter, même pour un faible parcours.

Une chaudière se prête d'autant mieux à l'application du tirage forcé qu'elle présente une plus grande proportion de surface de chauffe de réserve. Nous appellerons ainsi la surface de chauffe tubulaire la plus éloignée du foyer et dont la vaporisation, à l'allure normale, diffère le plus de celle des tubes, à leur origine près du foyer; cette différence dépend de la longueur et du diamètre des tubes.

En principe, le rendement d'une chaudière augmente avec la longueur des tubes, mais très lentement au delà d'un certain point, comme tout le monde le sait. Il convient donc, pour ne pas accroître inutilement le poids des chaudières, de déterminer la longueur des tubes en fonction de la quantité de charbon à brûler par mètre carré de grille. Plus grande sera l'intensité de la combustion et plus long devra être le parcours des gaz, sans quoi, les produits de la combustion sortiraient à une trop haute température et entraîneraient en pure perte un grand nombre de calories. Il est toute-

fois évident que le diamètre des tubes a une influence considérable sur le refroidissement des gaz et sur leur utilisation. Le contact entre les gaz et les parois se fait d'autant mieux que le diamètre des tubes est plus faible; en outre, la conductibilité se fait mieux, l'épaisseur du tube pouvant être moindre pour une même pression. On aurait donc tout avantage à donner aux tubes le plus petit diamètre possible si les conditions pratiques n'intervenaient pas. Les tubes trop petits sont plus vite bouchés par les escarbilles ou les nids d'hirondelles. Le diamètre des tubes devra être d'autant plus grand que la chaudière est destinée à fonctionner sans interruption pendant un temps plus long. C'est pour cette raison que la chaudière locomotive a pu être appliquée aux torpilleurs, dont la marche à outrance est rarement prolongée plus de trois ou quatre heures. Dans certains cas spéciaux, on a pu appliquer, à de très petites chaudières de canots, des tubes n'ayant pas plus de 25 *mm* de diamètre extérieur, avec une longueur de 50 à 60 *cm*, mais on ne peut songer à les adopter pour des chaudières ayant plus de 3 à 4 m^2 de surface de chauffe. En ce qui concerne les chaudières de torpilleurs du type locomotive, le diamètre le plus convenable pour les tubes, celui qui paraît le mieux satisfaire aux différents desiderata, est compris entre 36 et 40 *mm* intérieurement, pour une longueur de 3 *m* à 3,30 *m*. Dès que l'on veut appliquer le tirage artificiel à des bâtiments tels que les croiseurs où l'allure forcée doit être soutenue plus longtemps, on augmente le diamètre des tubes jusqu'à 60 *mm* environ, mais on abandonne la chaudière locomotive pour adopter le type dit de l'*Amirauté*, qui se prête mieux à ce diamètre de tubes et présente divers avantages. Disons aussi que, dans ce cas, l'intensité du tirage est presque diminuée de moitié.

Appelons : *longueur relative* des tubes, le quotient de leur longueur par leur diamètre. On peut poser *à priori* que des tubes de même longueur relative sont équivalents, au point de vue de la transmission du calorique.

L'expérience paraît démontrer qu'il faut donner aux tubes des chaudières de torpilleurs, ayant un diamètre de 40 *mm*, une longueur de 1 *m* par chaque centaine de kilogrammes de charbon brûlé par heure et par mètre carré de grille, sans descendre jamais au-dessous de 2 *m*, cette longueur minimum étant nécessaire lorsque l'allure de la combustion est réduite. Cela revient à dire, par exemple, qu'une chaudière locomotive destinée à brûler 200 *kg* par heure et par mètre carré de grille devra posséder des tubes

de 2 *m* au moins de longueur; pour brûler 300 *kg*, ils auront 3 *m*, et pour en brûler 400, 4 *m*. Le rendement sera très sensiblement le même dans ces différents cas; il s'accroîtrait évidemment un peu si l'on allongeait les tubes davantage, mais, dans ces chaudières pour lesquelles on recherche avant tout la légèreté, il faut limiter la longueur du faisceau tubulaire à ce qui est strictement nécessaire pour maintenir le rendement dans des limites raisonnables.

Pour gagner du poids, les constructeurs de torpilleurs limitent à 3 *m* ou 3,20 *m* au plus la longueur des tubes pour une combustion de 400 *kg* environ aux essais. Il est probable que l'on aurait avantage à adopter des tubes de 4 *m*, même sous le rapport du poids par kilogramme de vapeur produit.

Pendant que nous sommes sur ce sujet, nous rappellerons que la plupart des chaudières multitubulaires conviennent moins bien que le type locomotive à l'adoption du tirage forcé, sous le rapport du rendement, à moins de présenter un poids total sensiblement aussi grand, car elles disposent d'une faible surface de chauffe de réserve et parce que le parcours des gaz y est trop direct. Nous en excepterons plus particulièrement la chaudière Thornycroft, qui a été combinée en vue de l'application spéciale du tirage forcé à outrance.

Notons en passant que, les torpilleurs exceptés, il existe, entre la locomotive et la chaudière marine, cette différence que le fonctionnement de la première a normalement lieu à tirage forcé, lequel n'est appliqué à la seconde qu'à intervalles souvent espacés et pour obtenir un accroissement momentané de puissance.

Diminution de poids résultant de l'usage du tirage artificiel.

La diminution du poids des machines présente toujours un grand intérêt en navigation, mais elle acquiert surtout une importance capitale pour les bâtiments à grande vitesse et particulièrement les croiseurs et les torpilleurs. La réalisation de certains types de navires très rapides est même absolument dépendante du poids de machine que les progrès de la mécanique permettent de ne pas dépasser pour réaliser une puissance déterminée. La réduction totale du poids a porté sur tous les éléments de la machine et a résulté d'un ensemble de perfectionnements : augmentation du nombre de tours, meilleure proportion des différents organes,

allégement des bâtis, enfin et surtout, application du tirage forcé. Cette dernière opération est la seule qui nous occupera ici.

Dans les chaudières tubulaires à retour de flamme, les plus usitées en marine, on compte en moyenne sur 0,30 m^2 de surface de chauffe par cheval indiqué. L'application du tirage forcé modéré à ces chaudières permet d'accroître des deux tiers la vaporisation, sans augmentation de poids. Ce genre de chaudière ne se prête pas à un tirage très énergique à cause du grand diamètre des tubes et de leur longueur insuffisante.

Les chaudières à tubes directs et à foyers cylindriques, types de l'Amirauté, mieux appropriées au tirage forcé, peuvent brûler de 200 à 270 *kg* par heure et par mètre carré de grille.

La chaudière locomotive enfin, appliquée aux torpilleurs et à certains petits croiseurs, où l'on brûle jusqu'à 500 *kg* par mètre carré de grille, peut vaporiser 85 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et par heure, ce qui, avec une machine moyennement économique, permet d'obtenir 10 chevaux par mètre carré de surface de chauffe. Ceci est bien entendu une limite; on ne doit pas calculer ces chaudières à moins de 0,14 m^2 de surface de chauffe par cheval indiqué, chiffres d'essai, ce qui correspond à 50 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Dans ces conditions, le poids de la chaudière ressort à 14 *kg* environ par cheval, accessoires compris, mais sans l'eau. Ajoutons, pour mémoire seulement, que le poids des appareils de torpilleurs : machine, tuyautage, ligne d'arbres, propulseur, chaudière, eau de la machine et de la chaudière, parquets et accessoires, rechanges, etc., ne s'élève pas à plus de 30 à 40 *kg* par cheval indiqué, suivant les cas. La locomotive qui pourtant n'est pas à condensation, est beaucoup plus lourde. Soit, en effet, une locomotive express pesant 48 *t.*; on peut admettre qu'une telle machine est capable de développer 800 chevaux à toute vitesse. On peut admettre que le poids des essieux montés correspond sensiblement à celui de la ligne d'arbres et du propulseur. Une telle locomotive pèsera 60 *kg* par cheval indiqué, soit presque le double de certaines machines de torpilleurs.

Nous allons voir maintenant au prix de quels inconvénients, en ce qui concerne seulement la chaudière, ces résultats remarquables sont obtenus.

Dispositions ayant pour but de réaliser en pratique les principales applications du tirage forcé. — Nous ne dirons qu'un mot du tirage forcé par aspiration qui n'est plus guère employé à la mer. Quand

ce système est appliqué, on dispose, à la base de la cheminée, un tuyau annulaire percé de trous, dans lequel on envoie de la vapeur provenant des chaudières. C'est en somme, en grand, la disposition adoptée pour le souffleur des locomotives. Ce mode de tirage entraine une grande perte d'eau douce, ce qui est un inconvénient sérieux. Pour y remédier, on a proposé d'installer des pompes, mues par des petites machines à condensation, et refoulant de l'air dans le tuyau annulaire. On réalise ainsi une économie d'eau douce, mais le rendement déjà mauvais du jet est encore diminué de celui de la pompe.

Tirage en vase clos. — C'est de beaucoup le plus employé, il est d'un usage général à bord des navires de guerre.

Comme lorsqu'il s'agit du tirage par insufflation dans les cendriers, l'air nécessaire à la combustion est toujours produit par des ventilateurs de construction très simple, mus directement par des machines auxiliaires à grande vitesse. Comme on ne peut, à bord d'un navire, donner un grand diamètre à ces ventilateurs, on est amené à les animer d'une très grande vitesse de rotation ; à bord des torpilleurs, ces appareils tournent souvent à plus de 1 000 tours à la minute. Malgré ces vitesses considérables, on se contente presque toujours, pour actionner ces ventilateurs, de machines monocylindres du type ordinaire. La seule précaution que l'on prenne consiste à donner à toutes les portées une surface considérable afin de diminuer les chances de grippement ou d'échauffement. Néanmoins, on ne peut se dispenser d'un graissage très abondant et d'un arrosage continu des articulations et des glissières. Quoi qu'il en soit, on ne peut que s'étonner de voir ces petites machines soutenir, souvent pendant des heures, une vitesse continue de 1 200 tours, sans la moindre avarie. Dans la marine du commerce où pourtant les pressions de vent à obtenir, et par conséquent les vitesses, sont moindres, on paraît préférer depuis quelques années les machines spéciales genre Brotherhood ou Westhinghouse, qui demandent moins de surveillance.

Les ventilateurs sont disposés verticalement ou horizontalement; le plus souvent, ils tournent librement dans la chaufferie où ils refoulent l'air. Afin de soustraire les organes des machines motrices aux particules de charbon et à la poussière, on sépare le ventilateur de son moteur qui est alors placé dans la chambre des machines, sous les yeux des mécaniciens de quart. D'autres fois, on dispose les ventilateurs sur le pont qui recouvre les chaudières,

et le vent est dirigé dans les chaufferies à l'aide de manches. Cette disposition n'est applicable, cela va sans dire, qu'aux bâtiments d'une certaine dimension. Quand elle est adoptée, il convient, afin d'égaliser la pression du vent dans les chaufferies, d'y faire pénétrer ce dernier par un grand nombre d'orifices répartis sur les parois de la chambre de chauffe, et placés à leur partie supérieure.

L'aspiration se fait au moyen de manches à vent aboutissant sur le pont et pouvant également servir pour le tirage naturel.

Les ventilateurs employés à cet usage sont tous à aubes courbes et à joues mobiles.

Le tirage en vase clos entraîne la nécessité de ménager des fermetures hermétiques aux différentes issues des chaufferies, ce qui complique le service. Les portes, en tôle, ainsi que les capots de descente sont garnis de bandes de caoutchouc à leur portage sur le cadre. La fermeture est effectuée au moyen d'un verrou unique pour chaque porte. Les panneaux des capots sont munis d'un ressort énergique qui tend à les ouvrir aussitôt que le verrou est déclenché; on évite ainsi aux hommes l'effort nécessaire pour les soulever, ce qui permet une sortie plus rapide de la chaufferie, en cas d'accident.

Le tirage forcé en chambre close n'entraîne par lui-même aucune disposition spéciale pour les chaudières ou les foyers. Notons seulement que, dans les chaudières de torpilleurs, on ménage généralement une rentrée d'air à l'avant du foyer, au moyen de conduits, réservés dans l'autel, et qui mettent en communication l'intérieur de la boîte à feu avec le cendrier. Rappelons encore que les portes du cendrier ne s'ouvrent que du dehors au dedans et sont disposées pour se fermer automatiquement dès qu'une fuite de vapeur se produisant dans le foyer, tend à refouler les gaz et la flamme dans la chaufferie.

Tirage par insufflation dans les cendriers. — Ce mode de tirage est surtout appliqué à bord des embarcations à grande vitesse répandues aujourd'hui dans la marine militaire et, exceptionnellement, sur des torpilleurs.

Les ventilateurs peuvent être placés en un point quelconque de la chambre des machines, ils refoulent dans un conduit qui amène le vent sous le cendrier et qui passe sous le parquet de chauffe. Naturellement, le cendrier n'a de communication avec la chaufferie que par une porte, ordinairement fermée, laquelle ne

sert que pour la marche éventuelle à tirage naturel ou pour l'enlèvement des escarbilles. La chaufferie reste ouverte à l'air libre et l'on y a accès par des capots ordinaires.

Ce système présente deux inconvénients sérieux. La chaufferie n'étant plus suffisamment ventilée, la température s'y élève considérablement. La pression étant plus grande à l'intérieur qu'à l'extérieur du foyer, les produits de la combustion ont une tendance à s'échapper autour de la porte du foyer et, pendant les chargements, par l'ouverture entièrement ouverte de cette dernière, ce qui rend la chambre de chauffe inhabitable si elle n'est entièrement à l'air libre comme dans les embarcations.

On remédie au premier de ces inconvénients en dérivant une partie du vent de la conduite que l'on consacre uniquement à la ventilation de la chambre, ou mieux, comme M. Schichau, d'Elbing, en effectuant l'aspiration du ventilateur à travers la chaufferie elle-même qui communique avec l'air extérieur par une manche à vent. La totalité de l'air débité par le ventilateur passe ainsi dans la chaufferie qui se trouve plus efficacement ventilée.

Il existe divers dispositifs ayant pour but de parer au refoulement des gaz dans la chaufferie. Nous allons en examiner sommairement quelques-uns.

On peut rendre étanche le joint de la porte sur son cadre en la munissant, à son pourtour, d'une garniture en toile d'amiante pénétrant dans une gorge, ou bien à l'aide d'un courant d'air annulaire, émanant du ventilateur, disposé autour de la porte et dirigé vers l'intérieur du foyer.

Pour empêcher le refoulement des flammes au dehors, lorsque la porte du foyer est ouverte, on est contraint d'arrêter le vent pendant cette période. Comme on ne peut songer à stopper le ventilateur, il faut momentanément fermer le conduit de vent au moyen d'un clapet. Afin de rendre cette manœuvre rapide et automatique, M. Schichau, le constructeur de torpilleurs qui ait le plus largement employé le tirage par insufflation directe sous les cendriers, a adopté un dispositif ingénieux au moyen duquel le chauffeur, par le moyen d'un seul levier, ferme le conduit de vent et ouvre aussitôt après la porte du foyer et inversement. Le meilleur dispositif est certainement le suivant. La porte du foyer est recouverte d'une enveloppe en tôle munie également d'une porte qui lui correspond, laquelle enveloppe est en communication avec le conduit de vent. Cette enveloppe protège les chauffeurs du rayonnement et empêche la projection des flammes au pourtour

de la porte. Au moment du chargement, quand les deux portes sont ouvertes, le conduit de vent se trouve en communication avec l'air extérieur; la pression dans le cendrier ne dépassant plus celle de l'atmosphère, la flamme et les gaz ne sont plus refoulés.

L'inconvénient du mode de tirage que nous examinons est évident. Les charges, en raison de l'activité du foyer, étant répétées à de courts intervalles, et entrainant, pendant leur durée, l'arrêt du vent, il en résulte que la durée pendant laquelle le tirage est forcé se trouve réduite d'environ un tiers, ce qui diminue d'autant l'intensité moyenne de la combustion. Ainsi, au lieu de 300 *kg* de charbon, on ne pourra plus brûler que 200 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure. Toutefois, ce système peut prétendre à un avantage digne d'attention, consistant dans une meilleure conservation du foyer, car il ne s'introduit plus par la porte, au moment du chargement, une trombe d'air froid qui amène une contraction des parois et des fuites aux tubes.

Le tirage forcé considéré au point de vue de l'économie de combustible.

Nous allons maintenant envisager le tirage artificiel à un autre point de vue, et rechercher dans quelle mesure il peut entrainer une diminution de la consommation de combustible. Nous irons cette fois chercher nos exemples dans la marine marchande.

Le tirage artificiel, lorsqu'il est modéré, peut devenir d'un emploi économique, parce qu'il augmente la température du foyer et permet une application plus complète des lois de la combustion. Il va sans dire que la proportion entre les surfaces de grille et de chauffe doit se trouver plus grande qu'avec le tirage naturel, sans quoi on perdrait le bénéfice sur lequel on est en droit de compter.

Le tirage forcé a pour complément indispensable l'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus des grilles; c'est sur ce point intéressant que nous allons surtout insister.

La température de la combustion peut être réduite par quatre causes :

1° Insuffisance d'air;

2° Excès d'air;

3° Mélange imparfait des gaz avec l'air;

4° Combinaison à un degré quelconque de ces causes.

Une partie de l'air comburant est destinée à se combiner avec le carbone, une autre avec les hydrocarbures, ces deux quantités

étant environ dans le rapport de 2,36 à 1. Or, il paraît au premier abord plus logique d'admettre directement, dans le foyer, au-dessus de la grille, l'air nécessaire à la combustion des gaz.

Si le chargement du foyer était opéré d'une manière continue et uniforme, l'introduction de l'air par la porte pourrait l'être aussi. Tel n'est pas le cas en pratique. Aussitôt après une charge, il se produit une forte émission de gaz, laquelle diminue au fur et à mesure que le charbon se transforme en coke. Au début, il faudrait introduire dans le foyer le maximum d'air, soit un tiers du volume total, tandis qu'à la fin, la seule quantité nécessaire est celle qui est indispensable à la combustion de l'oxyde de carbone provenant de la réduction pendant le passage de l'acide carbonique à travers le combustible incandescent. Or, on ne peut réaliser ces conditions pratiquement. Il est difficile de construire des appareils automatiques ni de se fier à la main du chauffeur. Il vaut mieux envoyer au-dessus de la grille une quantité d'air moyenne, choisie de telle sorte qu'il n'y en ait pas un trop grand excès quand la distillation du combustible touche à sa fin. Immédiatement après une charge, la température du foyer s'abaisse, tant à cause du rayonnement qui se trouve momentanément intercepté, qu'en raison de l'absorption de chaleur due au changement moléculaire qui s'opère au sein du combustible. Si l'on n'introduit pas à ce moment de l'air dans le foyer, on perd la chaleur virtuelle que possèdent les gaz, laquelle ne peut être récupérée que par la combustion des hydrocarbures et de l'oxyde de carbone qui peuvent s'y trouver mélangés.

L'oxyde de carbone étant incolore, on ne peut se rendre compte de l'imperfection de la combustion que si ce gaz sort assez chaud pour se rallumer au sommet de la cheminée en venant en contact avec l'air. On distinguera ce gaz des hydrocarbures par la couleur de sa flamme qui est bleue, celle des hydrogènes carbonés étant jaunâtre.

La fumée proprement dite est en grande partie constituée par le carbone libre dû surtout à la décomposition des hydrocarbures pendant leur passage à travers le combustible en ignition. Ce carbone libre ne saurait être brûlé qu'autant qu'on le met en présence d'un excès d'air avant qu'il ait perdu la température à laquelle il peut encore se combiner.

Il faut éviter d'envoyer un trop grand excès d'air qui, en baissant la température du foyer empêcherait les hydrocarbures de s'enflammer. Il s'ensuivrait pour le foyer une fumivorité apparente

qui serait désastreuse au point de vue de l'utilisation du combustible, sans compter que l'excès d'air et les gaz refroidis par lui, passant à travers les tubes, en abaisseront notablement la température. Il vaut mieux admettre la présence d'une légère fumée que d'envoyer un excès d'air. Ces principes sommaires sont d'ailleurs connus de tous, et nous ne les avons rappelés que pour n'omettre aucun argument.

L'introduction d'une certaine quantité d'air au-dessus de la grille est d'autant plus nécessaire que le combustible est brûlé en couches plus épaisses. Si on augmente le tirage sans prendre cette précaution, on accroît seulement l'activité de la combustion aux dépens du rendement. C'est là le vice principal du tirage forcé qui n'est pas complété par une rentrée d'air dans le foyer. D'autre part, il est difficile de concilier un tirage très énergique avec la charge en couche mince, pour diverses raisons, et en particulier à cause des trous qui se produisent forcément dans le combustible.

On reconnaît qu'il y a manque ou excès d'air dans le foyer quand la flamme est longue, jaune et fumeuse. Si au contraire la combustion se fait dans des conditions favorables, la surface du combustible est incandescente et la flamme courte et claire. Ce fait est d'autant plus facile à observer que le combustible se rapproche davantage des charbons de Cardiff ou de la briquette d'Anzin, dite améliorée, aujourd'hui d'un emploi courant pour le chauffage des torpilleurs.

L'air peut être admis au-dessus du combustible de différentes manières, par des ouvertures percées soit dans la porte, soit dans l'autel. Nous rappellerons à ce sujet la disposition, classique aujourd'hui en Angleterre pour les foyers de locomotives, et que l'on pourrait, ce nous semble, adapter dans bien des cas aux chaudières de torpilleur qui fonctionnent également en couches épaisses de bon charbon. (Anzin amélioré ou Nixon.)

A une certaine distance au-dessus de la grille, se trouve une voûte en briques réfractaires, inclinée de l'arrière à l'avant, et qui vient s'appliquer sur la plaque tubulaire uu peu au-dessous de la rangée de tubes inférieurs. Cette voûte ne laisse au gaz qu'un passage vers l'arrière, du côté de la porte, égal au plus à la moitié de la section droite du foyer. La porte de chargement se trouve précisément située en face du point où la flamme est incurvée par la voûte; elle est percée de trous nombreux dont un registre à grille permet de varier la section. L'air s'introduit donc dans le foyer à une notable distance au-dessus de la grille; un auvent en tôle

(*deflecting plate*) dirige cet air vers le bas et l'empêche de filer directement à travers les tubes. La voûte en briques, dont on ne saurait trop recommander l'emploi pour les foyers du genre locomotive, marchant en couches épaisses, a une action multiple. Elle contribue d'abord à brasser les gaz et à les mélanger complètement avec l'air introduit par la porte. Elle réfléchit la chaleur rayonnante du combustible en ignition sur les gaz de la combustion, et les échauffe aussi à son contact, en raison de sa haute température. En maintenant la température du foyer à un degré suffisant pour brûler l'oxyde de carbone et les hydrocarbures avec un volume d'air minimum, elle contribue à rendre la marche économique et diminue considérablement la fumée. En outre, elle protège la plaque tubulaire qui n'est plus soumise directement au rayonnement du combustible.

Le brassage est d'autant plus nécessaire que la combustion est plus active et la vitesse des gaz est plus grande. Il permet, en rendant plus continu le mélange avec l'air, d'opérer la combustion avec un moindre volume d'air, ce qui accroît le rendement.

Dans la plupart des chaudières de torpilleurs, l'arche en brique est remplacée par un autel en terre réfractaire qui a pour but d'écarter la grille de la plaque tubulaire, les foyers de ces générateurs étant beaucoup moins profonds que ceux des locomotives, et les barreaux de la grille se trouvant à peine au-dessous de la rangée de tubes inférieurs. Quelquefois cet autel, dont la hauteur est supérieure a l'épaisseur maximum de la couche de combustible, est percé longitudinalement d'ouvertures communiquant avec le cendrier et qui déversent de l'air au milieu des gaz de la combustion, un peu avant qu'ils pénètrent dans le faisceau tubulaire. Cet air n'arrive pas complètement froid dans le foyer, ce qui est une condition favorable à son action, car il s'est échauffé pendant son passage dans le cendrier et surtout à travers l'autel.

L'économie que l'on peut réaliser avec le tirage forcé réside surtout dans l'application de ce principe combiné d'ailleurs à d'autres perfectionnements. De la réduction des surfaces de grille et de chauffe résulte celle de la dimension et du poids des chaudières et de l'eau qu'elles contiennent, laquelle entraine une augmentation de l'exposant de charge et une diminution du prix de premier achat. Ce dernier n'étant que faiblement contrebalancé par le coût des installations spéciales qu'il faut prévoir.

On trouvera ci-dessous les résultats d'essais effectués en Angleterre sur les chaudières de quatre bâtiments munis des mêmes

machines à triple expansion de 1 000 *chx* indiqués fonctionnant à 10,54 *kg*. Le premier de ces bâtiments fonctionne à tirage naturel. Le tirage forcé a été appliqué aux trois autres; dans le second on a conservé les mêmes chaudières, seule, la surface de grille a été réduite, dans une proportion convenable; dans le troisième, on a diminué le poids des chaudières et de l'eau, mais la surface de chauffe est restée la même, grâce à une réduction du diamètre et à un accroissement du nombre des tubes; enfin, dans le quatrième, la surface de chauffe a été diminuée, et on a adopté un dispositif permettant le réchauffage de l'air comburant, avant son entrée dans le foyer, au moyen des gaz perdus.

TABLEAU N° 3.

NUMÉROS DES BATIMENTS	1	2	3	4
Timbre	10,54 *kg*	10,54 *kg*	10,54 *kg*	10,54 *kg*
Diamètre des chaudières	3,96 *m*	3,96 *m*	3,35 *m*	3,35 *m*
Longueur	3,20 *m*	3,20 *m*	3,20 *m*	3,05 *m*
Nombre des foyers	6	6	4	4
Diamètre moyen des foyers	0,914 *m*	0,914 *m*	0,863 *m*	0,863 *m*
Longueur des grilles	1,676 *m*	0,762 *m*	1,220 *m*	1,206 *m*
Nombre des tubes	384	384	540	332
Diamètre des tubes	95 *mm*	95 *mm*	70 *mm*	70 *mm*
Longueur des tubes	2,286 *m*	2,286 *m*	2,286 *m*	2,134 *m*
Surface de chauffe totale	321,43 m^2	321,43 m^2	315,86 m^2	188,40 m^2
Surface de grille	9,29 m^2	4,226m^2	4,226m^2	4,18 m^2
Poids des chaudières vides	62 *t*	62 *t*	53,6 *t*	41,5 *t*
Surface de chauffe par cheval indiqué	0,3214m^2	0,3214m^2	0,3159m^2	0,1888m^2
Charbon brûlé par mètre carré de grille	78 *kg*	156 *kg*	156 *kg*	156 *kg*
Charbon brûlé par cheval-heure	0,726*kg*	0,661 *kg*	0,661*kg*	0,635*kg*
Températures des gaz dans la cheminée en degrés centigrades	263	241	241	318

Aux avantages énumérés plus haut s'ajoute celui de pouvoir brûler, grâce au tirage artificiel, un combustible de qualité inférieure et de plus bas prix, considération qu'aucun armateur ne saurait dédaigner. En outre, et c'est là un avantage considérable pour les bâtiments destinés à naviguer dans les pays chauds, la chauffe devient indépendante des conditions atmosphériques, quelles que soient la direction du vent, la température de l'air extérieur, il sera toujours possible de maintenir au degré voulu la production de vapeur.

Le poids d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de charbon est ordinairement de 20 à 24 *kg* dans les chaudières marines à tirage naturel. Il semble démontré que le tirage artificiel n'entraine une économie réelle qu'autant que le poids d'air correspondant à la combustion d'un kilogramme de charbon ne dépasse pas 18 *kg*. Cette diminution du volume d'air est due surtout à la meilleure utilisation de l'air résultant de son mélange plus intime avec les gaz et de son introduction directe dans le foyer. Ajoutons que ce résultat n'est obtenu que grâce à une proportion constante entre l'épaisseur de la couche de combustible ou de la pression du vent et la quantité de charbon que l'on désire brûler par heure et par mètre carré de surface de grille.

L'application du tirage forcé aux appareils des navires marchands est souvent complétée par des dispositions ayant pour but d'accroître son efficacité et telles que le réchauffage de l'air par les gaz perdus dans la boite à fumée : système Howden, etc.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ce sujet que nous avons développé dans un ouvrage déposé à la bibliothèque de la Société. Rappelons seulement que, dans son application aux navires du commerce, le tirage forcé ne saurait être, sauf de rares exceptions, comme pour quelques paquebots à très grande vitesse, produit en chambre close, système exigeant des dispositions très coûteuses et qui entraine une grande complication du service et de la manœuvre, surtout pour l'enlèvement des escarbilles. Le tirage par insufflation dans les cendriers est à peu près alors le seul usité

EXAMEN

DES

DÉFAUTS DU VERRE

ET

DES MOYENS DE LES RECONNAITRE

Conséquences auxquelles cette étude conduit relativement à la théorie de la constitution des verres.

PAR

M. Léon APPERT

Les défauts qui se produisent dans le verre au cours de sa fabrication résultent de causes très variées; aussi, comprend-on qu'ils soient de nature assez différente.

Ces défauts qui altèrent la qualité du verre en en diminuant la valeur peuvent par la composition des corps qui les constituent, par leur importance et par leur nombre, causer dans certaines circonstances, un trouble grave dans l'économie de toute une fabrication.

Malgré l'expérience que peuvent avoir acquise par une longue pratique les industriels chez lesquels ces accidents viennent à se produire, il leur est souvent difficile de se rendre compte d'une façon exacte de la nature et de la composition des corps qui constituent ces défauts et par suite des causes qui les ont engendrés; ils se trouvent par suite dans l'impossibilité d'y apporter rapidement un remède efficace.

Ayant été consulté souvent au sujet d'accidents de ce genre s'étant produits dans la fabrication des verres à vitres, des verres à bouteilles, des verres de gobeleterie, j'ai dû chercher les moyens

qui me permettraient de déterminer la nature des défauts qui en sont la conséquence d'une façon certaine ; c'est le résultat de ces recherches et les moyens employés pour y arriver que j'ai l'intention de faire connaître dans cette note.

Les défauts qui se produisent dans le verre au moment où il est fabriqué et mis en œuvre, sont :

1° Les bouillons, les points, les crachats ;

2° Les pierres et les grains ou granulations.

Les premiers qui proviennent d'un affinage incomplet de la matière vitreuse après sa fusion, ou d'un manque de soin de la part des ouvriers au moment du cueillage ou pendant le moulage, en emprisonnant dans la masse du verre des corps ou poussières organiques, sont faciles à reconnaître; il suffit en effet le plus souvent d'une inspection attentive à l'œil nu ou au besoin avec la loupe pour être fixé sur leur nature.

Les seconds de composition très variable, tout en se ressemblant beaucoup, peuvent être causés ou par un mélange imparfait des matières premières ou par des agglomérations de parties du mélange vitrifiable ayant échappé à la fusion: ce sont les *infondus*; ou par des portions des parois du creuset ou du bassin qui se sont détachées pendant la fusion et pour lesquelles la température et la durée du séjour dans le four n'ont pas été suffisantes pour en opérer la combinaison : ce sont les *grains de pot ou de bassin*.

Des portions de la voûte ou de la couronne du four peuvent encore, en se combinant avec la partie alcaline et vaporisable du mélange vitrifiable donner lieu à la formation d'un verre de nature spéciale plus dur que le verre contenu dans le creuset et qui s'y incorpore sans s'y dissoudre. On donne à ce genre de défauts le nom de *larmes ou schlagues*.

Enfin les grains ou granulations peuvent provenir du verre lui-même et être amenés par sa composition chimique en même temps que par les conditions de température dans lesquelles il s'est trouvé aux diverses phases de sa fabrication.

Les verres en effet, à une température inférieure à celle qui a été nécessaire pour en opérer la fusion, cette température étant maintenue pendant un temps suffisant, peuvent être soumis à une décomposition qui se manifeste par la formation de composés cristallisés qui en altèrent la pureté, la limpidité et la résistance.

Cette décomposition commence toujours par la formation de cristaux microscopiques qu'on ne découvre souvent que quand l'objet est terminé.

Dans tous les cas, la ténuité des grains dont il s'agit de déterminer la nature en rend la recherche très délicate : l'analyse chimique est en effet impuissante par suite de la difficulté qu'on éprouve à les séparer de la masse vitreuse qui les entoure ; quand ils sont nombreux, ces grains ou cristaux agglomérés les uns avec les autres semblent tellement prédominants dans une masse limitée de verre que l'analyse de cette portion cristalline paraît devoir en donner au moins approximativement la composition; mais, généralement, la matière vitreuse qui leur est intimement associée est tellement abondante que leur composition se trouve masquée par celle du verre qui leur sert de ciment.

Ils sont d'ailleurs trop petits pour être extraits par une opération mécanique ; leur poids spécifique est peu différent de celui du verre ambiant, ce qui exclut l'emploi des liqueurs denses telles que l'iodo-mercurate de potasse ou le tungsto-borate de baryum ou de calmium ou enfin de l'iodure de métylène, dont M. Fouqué, le savant professeur au Collège de France, a imaginé l'emploi et a été le premier à se servir pour l'étude des roches cristallisées.

Ils ne sont pas attirables à l'aimant et l'acide fluorhydrique les attaque en même temps que le verre lui-même. Bref, tous les moyens usités ordinairement dans l'étude des roches échouent pour la séparation des corps étrangers ou des cristaux incorporés dans les verres et le seul moyen d'investigation qui puisse être employé dans ce cas est le microscope.

MM. Fouqué et Michel Lévy ont décrit dans leur ouvrage de *Minéralogie micrographique*, justement réputé et dont l'éloge n'est pas à faire, les méthodes et les moyens basés en grande partie sur l'emploi du microscope et appliqués à l'étude des principaux minéraux et roches éruptives de la France ; ce sont ces procédés que j'ai cherché à utiliser.

L'examen des matières à étudier se fait sur des lames minces d'une épaisseur de $\frac{3}{100}$ de millimètres taillées dans la masse vitreuse qui les englobe ; ces lames minces sont collées au moyen de baume de Canada sur une lame de verre et posées sur le porte-objet du microscope.

Ce mode d'examen, employé pour la première fois par M. Sorby, minéralogiste anglais, et successivement par M. Zirkel, de Heildelberg, et par M. Rosenbach, de Leipzig, a été perfectionné encore par MM. Fouqué et Michel Lévy.

Pour déterminer la nature des cristaux on emploie plusieurs moyens d'investigation venant se compléter les uns les autres.

Grâce à la perfection des appareils dont on dispose, on peut facilement et rapidement les examiner en lumière naturelle, puis en lumière polarisée entre deux nicols en spath d'Islande croisés, ces rayons de lumière étant parallèles.

La détermination des axes optiques est complétée par celle des angles d'extinction des cristaux, en les observant en lumière polarisée et en rayons convergents successivement dans des préparations faites en coupe longitudinale et en coupe transversale.

M. Fouqué a bien voulu m'aider dans cette étude nouvelle pour moi, et je suis heureux de pouvoir ici l'en remercier et lui en témoigner ma gratitude.

De l'examen auquel nous nous sommes livrés, il résulte que le corps que l'on rencontre le plus fréquemment est le quartz; c'est un corps cristallisé dont la détermination se fait facilement; on constate très aisément qu'on a affaire à un minéral, à un axe positif et, en outre, la biréfringence peut être mesurée avec facilité.

Il se rencontre dans les parties infondues et provient, comme je l'ai dit plus haut, d'un mélange imparfait des matières vitrifiables ou d'une sorte de liquation produite au moment de la fusion du verre dans un vaisseau chauffé à trop basse température.

Quand il provient de la séparation d'un fragment du bassin ou de la voûte, il se trouve enrobé dans une matière amorphe, grisâtre, diffusant fortement la lumière et se distinguant surtout au microscope en lumière réfléchie; cette matière n'est autre qu'un silicate d'alumine déshydraté non dissous dans la masse vitreuse (fig. 0).

Il peut se faire, comme nous le verrons plus loin, que, si l'argile vient à se dissoudre, il se forme un feldspath cristallisé analogue à celui dont la nature nous offre des spécimens.

La présence du quartz dans ces deux cas donne beaucoup de ressemblance à ces défauts et c'est à la présence simultanée de la matière amorphe grisâtre provenant de l'argile et au développement du feldspath qu'il est possible d'en déterminer la cause.

Toutefois, la silice libre à l'état de quartz n'est pas un accompagnement obligé de l'argile et on rencontre quelquefois des pierres qui ne contiennent que du silicate d'alumine déshydraté sur l'origine duquel il n'y a aucun doute à avoir.

Ce cas se rencontre surtout dans les défauts sous forme de grains que l'on trouve dans le cristal ou le demi-cristal, le quartz devant

être exclu des terres servant à faire les creusets dans lesquels on les fond; ceux-ci se perceraient rapidement en effet par suite de l'attaque qu'en ferait l'oxyde de plomb qui entre dans leur composition.

La présence du quartz à l'état de grains non dissous dans le verre amène d'une façon infaillible la félure d'abord et la rupture ultérieure de la pièce dans laquelle il est incorporé.

Quand il est allié à de l'argile ou quand l'argile est seule, la rupture de la pièce est moins certaine, le coefficient de dilatation de l'argile étant sensiblement le même que celui du verre.

Ce dernier défaut est celui qu'on rencontre le plus fréquemment dans les fours à bassins employés presque exclusivement pour la fabrication des verres à vitres et des bouteilles; il provient de l'attaque des parois à la hauteur de la flottaison.

Si ce sont des corps cristallisés auxquels on a affaire, leur composition chimique dépend essentiellement de celle du verre lui-même.

Quand le verre est uniquement sodique et calcique, c'est de la *wollastonite* qui se produit.

Quand le verre est magnésien et ferrugineux, c'est un pyroxène magnésien de la formule du diobside qui se forme.

Si le verre contient de l'alumine en même temps que de la potasse, de l'oxyde de fer et de la magnésie, c'est de la *mélilite* à la variété artificielle de laquelle on donne le nom de *Humboldtilite*.

Enfin dans certains cas particuliers plus rares, on voit se développer des cristaux de *feldspaths*, de la variété connue sous le nom d'oligoclase et de labrador.

Dans tous les cas, surtout en même temps que la humboldtilite, on voit se produire un minéral réfringent et très biréfringent en longues aiguilles prismatiques très étroites dont la détermination minéralogique n'a pu encore être faite rigoureusement.

Parmi les minéraux précités, la *wollastonite* est celui que l'on rencontre le plus communément dans les verres. C'est un bisilicate de chaux (CaO, SiO^2) appartenant à la famille des pyroxènes; elle cristallise dans le système monoclinique, les cristaux sont allongés parallèlement à l'orthodiagonale; dans les verres, elle forme de longues aiguilles prismatiques très étroites qui ont quelquefois plusieurs centimètres de longueur, mais dont la largeur dépasse rarement 0,005 *m*, et l'épaisseur 0,001 *m*; elle est incolore et transparente, cependant elle se distingue déjà en lumière na-

turelle au microscope à cause de sa réfringence voisine de 1,63 et très légèrement supérieure à celle du verre ambiant.

Quand on l'observe en lumière, polarisée parallèle entre les nicols croisés, on constate les faits suivants :

Les sections longitudinales polarisent dans des teintes qui varient du bleu grisâtre au jaune pâle ; toutes s'éteignent rigoureusement en long ; le signe d'allongement n'est pas constant, la plupart de ces sections présentent un allongement de signe positif, les autres qui sont en général les moins brillantes ont un allongement de signe négatif.

Les sections transversales sont courtes et très étroites, tout en demeurant encore légèrement allongées.

Entre les nicols croisés, elles se colorent de teintes vives d'un rose violacé, elles s'éteignent obliquement sous des angles dont nous donnerons ci-après la valeur.

Ces propriétés suffisent pour montrer que, comme la wallastonite naturelle, les cristaux en question appartiennent au système monoclinique et que le plan des axes optiques est perpendiculaire à la direction d'allongement.

La biréfringence maxima $Ng - Np = 0{,}014$, valeur qui concorde encore avec celle que l'on observe dans la wollastonite des rochers.

Les biréfringences trouvées dans les sections longitudinales aplaties sont pour les sections à allongement positif égales à 0,004 ; ces valeurs diffèrent légèrement de celles qui sont connues pour $Nm - Np$ et $Ng - Nm$ dans la wollastonite naturelle, à cause de l'obliquité des axes d'élasticité par rapport aux normales aux faces d'aplatissement.

Les observations en lumière convergente confirment ces données de l'observation en lumière parallèle : on s'assure, en effet, que le plan des axes optiques est parallèle aux sections transversales, que la bissectrice aiguë est assez rapprochée de la normale aux sections longitudinales dont l'allongement est de signe négatif et la bissectrice obtuse peu éloignée de la normale aux sections longitudinales dont l'allongement est de signe positif ; dans les deux cas on observe, d'ailleurs, des images symétriques par rapport à la direction d'allongement ; on constate en même temps que la bissectrice est négative et que l'écartement des axes est d'environ 40°.

Un essai chimique confirme encore la détermination des cristaux en question, comme wollastonite.

En effet, si, après avoir découvert une préparation et l'avoir

nettoyée à la benzine, on la laisse séjourner vingt-quatre heures à froid dans l'acide chlorhydrique, on s'assure aisément que les cristaux sont attaqués, tandis que le verre ambiant est inaltéré.

La préparation lavée à l'eau distillée donne un liquide où l'oxalate d'ammoniaque décèle la présence de la chaux et la préparation elle-même traitée par une goutte de solution de violet d'aniline se teint dans tous les points où l'attaque a mis en liberté de la silice gélatineuse.

La wollastonite développée dans le verre par un phénomène de dévitrification offre une grande tendance à se disposer sous forme radiée; les figures 1, 2, 3, 4, 5, qui représentent des sections de dévitrifications à wollastonite vues en lumière polarisée entre les nicols croisés portent toutes l'indication de cette tendance.

Il arrive même que la wollastonite forme dans le verre des sphérolithes dont le volume peut atteindre la grosseur du poing.

Les figures 1 et 2 représentent : la première, une portion de section radiale; la seconde, une portion de section tangentielle d'un module de 6 *cm* de diamètre.

La figure 14 représente, en grandeur naturelle, une masse vitreuse contenant un grand nombre de petits sphérolithes de wollastonite.

La sphérolithe qui a fourni les figures 1 et 2 a permis de faire, à cause du développement considérable de ses éléments, une observation qui vient compléter celles que nous avons déjà décrites. La coupe représentée figure 2, donnant la section transversale des cristaux de wollastonite, disposés radialement dans le sphérolithe, montre que ces cristaux sont, comme nous l'avons dit précédemment, aplatis dans deux directions différentes. En effet, les petits bâtonnets résultant de leur section se divisent en deux catégories.

Dans un même faisceau, uniformément teinté entre les nicols croisés, on constate qu'un certain nombre présentent un allongement négatif et que les autres, à peu près aussi nombreux, présentent un allongement positif.

Les premiers s'éteignent sous un angle de 32°, les seconds sous un angle de 37°.

Si l'on considère l'allongement des premiers comme correspondant à la face *p* (001), il s'ensuit que la bissectrice aiguë fait un angle de 32° avec cette face.

C'est ce que l'observation a donné, du reste, pour la wollastonite des roches.

On peut donc affirmer que l'une des faces d'aplatissement de la wollastonite des dévitrifications n'est autre que la face *p* (001).

Pour trouver quelle est l'autre face d'aplatissement, nous ferons remarquer que la bissectrice obtuse fait un angle de 37° avec celle-ci, par conséquent la face en question fait un angle de 95° avec *p* (001), ce qui correspond à la face $a\frac{1}{2}$ (201).

Ainsi, la wollastonite des sphérolithes des dévitrifications est allongée suivant l'orthodiagonale et aplatie dans certains cristaux suivant *p*, dans d'autres suivant $a\frac{1}{2}$.

La wollastonite se montre dans certaines dévitrifications accompagnée d'un pyroxène jaune verdâtre qui, vu en lame mince, est à peine nuancé d'une légère teinte jaune. Il possède toutes les propriétés du diopside des roches naturelles, sauf que les faces dominantes semblent être les faces du prisme (110) ($\overline{1}10$) et non les pécanoïdes *g'* et *n'* (010) et (100).

Les deux clivages sont très marqués et assez réguliers. L'allongement a lieu suivant l'arête *mm*. Le plan des axes optiques est en *g'* (010). La bissectrice positive fait un angle de 38° avec l'arête *h'g'*. L'écartement des axes est d'environ 60°. La réfringence et la biréfringence sont celles que l'on attribue d'ordinaire au diopside.

Ce pyroxène se présente également sans accompagnement de wollastonite; dans ce cas, le verre dévitrifié présente généralement une couleur verte plus ou moins foncée et grisâtre.

Les figures 8 et 10 représentent des dévitrifications caractérisées par le développement des diopsides.

La figure 9 représente une dévitrification dans laquelle le diopside et la wollastonite figurent à peu près en égales proportions.

La mélilite (humboldtilite) se montre soit en groupements irréguliers, soit sous forme de sphérolithes, soit en amas cristallitiques. Les figures 12 et 13 représentent deux types de ces associations de cristallites de humboldtilite. On y voit les éléments formés par ce minéral disposés en rangées alignées dans deux directions à angle droit.

Les sphérolithes sont composés de petits cristaux allongés parallèlement à la base (001) et disposés tangentiellement autour d'un centre. La figure 11 donne une idée de l'un de ces groupements vu au microscope en lumière parallèle entre les nicols croisés. Les petits cristaux en section rectangulaire ont environ 0,05 *mm* de longueur sur 0,02 *mm* de largeur. Ils présentent un clivage net

et régulier parallèlement à la base. Ils polarisent dans les teintes blanc grisâtre. Le signe de leur allongement est positif. Si le sphérolithe était parfaitement régulier, il présenterait une croix noire, mais, suivant certains plans diamétraux, il offre des plis, des inflexions brusques d'où résultent des bandes noires nouvelles. Les petits éléments du sphérolithe possèdent transversalement des canelures caractéristiques. Enfin, quelques-uns d'entre eux, par suite d'irrégularités accidentelles dans la constitution du sphérolithe, se montrent suivant la base *p* (001) et demeurent éteints dans toutes les positions.

A cause de la petitesse des éléments on ne voit qu'imparfaitement en lumière convergente la croix noire qu'ils laissent cependant apercevoir.

Tous ces caractères ne laissent aucun doute sur la détermination du minéral.

On peut, du reste, dans la plupart des cas, constater son attaque aux acides et vérifier au moins qualitativement sa composition.

De même que la wollastonite et le diopside, la humboldtilite présente fréquement de très beaux exemples d'inclusions vitreuses à bulle.

Nous rattacherons à la famille des feldspaths certains cristaux dont nous avons trouvé des spécimens dans des petites plages arrondies provenant de dévitrifications. Les sections observées du minéral en question ont environ 0,08 *mm* de longueur et 0,05 *mm* de largeur ; leur forme est rectangulaire ; leur allongement est de signe négatif; c'est un minéral à deux axes écartés ; le plan des axes optiques est parallèle à la direction d'allongement. La réfringence et la biréfringence sont celles des feldspaths acides. Les extinctions se font dans un angle très petit (environ 2 à 3°). On observe une macle binaire ressemblant beaucoup à la macle de Karlsbad. Quand on dispose la section de manière à ce que la direction d'allongement fasse un angle notable avec les sections des nicols croisés, on aperçoit des bandes étroites discontinues ressemblant à celles de certains feldspaths tricliniques naturels et en particulier à celles de l'anorthose, mais il est difficile, à cause de la petitesse à l'angle d'extinction, de dire si l'on a affaire à un minéral maclé suivant la loi de l'albite ou à un prisme cannelé. Les essais chimiques étaient impraticables sur les échantillons que nous avons eu à examiner. C'est donc avec un certain doute que nous rapportons ces cristaux à un minéral de la famille

des feldspaths, bien que toutes les propriétés observées s'accordent avec celles de ces minéraux.

Comme dans les éléments de dévitrification ci-dessus étudiés, ces derniers produits cristallisés renferment de belles inclusions vitreuses à bulle qui affectent généralement la forme de leur hôte.

De l'étude dont nous venons de donner le résultat, on peut déduire quelques conséquences utiles au point de vue de la composition des verres et des qualités qu'il est possible de leur donner suivant les usages auxquels ils sont destinés.

Il en ressort en effet que le phénomène de la dévitrification du verre, sur lequel les opinions ont été longtemps partagées, s'explique naturellement par la formation dans la masse vitreuse colloïde de silicates cristallisés, simples ou multiples, de composition différente du verre qui leur a donné naissance, et que, de plus, ces silicates, dont la formation est une cause de dépréciation du verre dont ils altèrent la limpidité et la résistance en en augmentant la fragilité, et dont il faut par suite chercher à éviter la formation, se produisent à des températures différentes pour chacun d'eux suivant leur composition chimique, cette température étant, en tous cas, inférieure à celle à laquelle la fusion du mélange et la combinaison des éléments vitrifiables se sont opérées.

La chaux étant la base terreuse la plus employée par suite de son abondance dans la nature, du bon marché auquel elle peut être obtenue à l'état de pureté et des qualités qu'elle donne au verre quand elle est en combinaison avec la potasse ou la soude, il est naturel de chercher à en augmenter la proportion le plus possible ; on est arrêté dans cette voie par le phénomène de la dévitrification et la formation de wollastonite qui se produisent d'autant plus facilement que la proportion de chaux est plus grande, à une température relativement élevée, très voisine de celle requise pour le travail du verre en objets façonnés.

La magnésie est dans le même cas, et son addition à la chaux préexistante ne fait qu'accentuer ce phénomène en donnant lieu à la formation de diobside d'une part, et de wollastonite d'autre part.

Cette observation est conforme à celle de M. E. Peligot, qui avait été amené, par l'analyse de cristaux provenant des dévitrifications du verre de Blanzy et par l'étude cristallographique faite par M. des Cloigeaux, à penser que la magnésie même jouait un rôle prépondérant dans ce phénomène. Il n'en est pas de même

de l'alumine qui, en venant s'ajouter aux bases précédentes, est susceptible de donner ou des feldspaths ou des cristaux de la famille des mélilites dont la formation est beaucoup plus difficile.

Même en opérant aux températures convenables, les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy constatent que la cristallisation du feldspath ne se fait qu'avec une grande lenteur, et quant au mélilite, sa formation implique à la fois la présence dans le verre de la potasse, de l'alumine, de la magnésie et du fer en proportion notable, conditions qui se trouvent bien plus souvent réalisées dans les matières vitreuses des hauts fourneaux que dans les produits des verreries.

La première raison est, à notre avis, celle de la grande stabilité des verres alumineux qui peuvent être travaillés indéfiniment sans donner de cristallisation, quoique la somme des bases terreuses soit souvent supérieure à la quantité de chaux qui dans un verre unique, serait suffisante pour amener rapidement la dévitrification.

La présence dans un verre de certaines bases, alumine et potasse, a pour résultat de diminuer la faculté qu'a ce verre à se dévitrifier, puisque les silicates d'alumine et de potasse sont relativement peu fusibles et surtout difficilement cristallisables; il semble que les verriers devraient s'attacher à produire les verres réalisant ces conditions d'autant plus qu'il en résulterait pour eux une économie notable d'argent, l'alumine étant un produit d'une valeur infiniment moindre que les alcalis proprement dits, potasse et soude.

En tout cas, l'introduction de l'alumine présente des avantages comme moyen d'empêcher la dévitrification, car les feldspaths et les mélilites, silicates alumineux, sont moins fusibles que les minéraux du groupe des pyroxènes, silicates non alumineux.

Il serait très facile aux verriers de se procurer à bas prix des calcaires argileux d'une composition telle qu'il leur suffirait d'ajouter du sable et un peu de base alcaline pour obtenir des verres stables.

Certains verriers ont pu, par l'emploi de feldspaths naturels de composition convenable, introduire en même temps que l'alumine des bases alcalines potasse et soude indispensables, réalisant ainsi les meilleures conditions de résistance et d'économie.

Si dans les fabrications du verre à bouteilles pour lesquelles les qualités recherchées et exigées sont la solidité et l'inaltérabilité sous l'action des liquides acidulés, on peut employer des matières

impures donnant une composition à bases multiples de proportions non constantes, il n'en est plus de même dans la fabrication des verres qui, outre ces qualités primordiales, doivent posséder d'autres qualités, entre autres celle d'être parfaitement incolores. C'est le cas des verres pour la lunetterie et l'optique.

L'examen que nous venons de faire des produits de la dévitrification du verre ordinaire et du verre à bouteilles nous conduit à quelques considérations théoriques relativement à leur constitution.

Deux théories ont été proposées pour ces phénomènes; quelques chimistes, et à leur tête Berzélius ont émis l'opinion que le verre dévitrifié n'était autre chose que la matière vitreuse ayant acquis des propriétés nouvelles par la cristallisation; cette opinion partagée encore aujourd'hui par un grand nombre de verriers a été soutenue par M. Pelouze dans un travail sur la cristallisation du verre lu en 1874 à l'Académie des sciences.

« La dévitrification, dit ce savant, consiste en un simple changement physique du verre. »

Il se base pour adopter cette conclusion sur ce fait que de nombreuses analyses ne lui ont montré qu'une différence insignifiante de composition entre le verre primitif et la même matière après dévitrification.

Il admet implicitement qu'un verre quelconque est susceptible de se transformer entièrement en une matière cristallisée.

D'après lui, le fait se passerait notamment pour le silicate de soude et de chaux qui constitue les verres tels qu'on les compose ordinairement et dans lesquels la silice, la soude et la chaux n'entrent pas en proportions définies.

Cette explication en contradiction avec les lois connues de la chimie n'est évidemment justifiée que dans des cas particuliers; ce sont ceux dans lesquels le verre présente la composition d'un minéral défini ou bien encore d'un mélange de mineraux définis susceptibles de cristalliser.

On connaît de nombreux exemples de faits de ce genre. Ainsi les expériences de MM. Fouqué et Michel Lévy ont montré que l'on pouvait faire cristalliser intégralement les verres ayant la composition de l'oligoclase, du labrador, de l'anorthite, de la néphéline, des pyroxènes, etc.

D'autres expériences plus complexes des mêmes auteurs ont permis d'obtenir à l'état cristallisé des mélanges de plusieurs silicates qu'ils avaient préalablement fondus en un verre limpide et

parfaitement homogène; nous citerons comme exemple la reproduction du basalte composé de feldspath, de labrador, d'olivine, d'augite et de fer oxydulé, nous citerons aussi la reproduction de certaines néphélinites composées de néphéline, d'augite, de spinelle, de grenats-mélanite et de fer oxydulé.

Dans ces derniers cas, la cristallisation du verre formé avec le mélange chimique employé était complète, mais on comprend très bien que dans un grand nombre de cas, on puisse imaginer des mélanges qui ne soient pas susceptibles de se résoudre en un agrégat de substances cristallisées.

Une seconde théorie, plus rationnelle, a été proposée en 1830 par M. J.-B. Dumas; ce savant a considéré la dévitrification comme une cristallisation du verre due à la formation de composés définis infusibles à la température existante au moment de la dévitrification et impliquant, dans la plupart des cas, la formation d'un résidu amorphe correspondant à un mélange chimique dont les éléments, soit isolés, soit combinés, ne sont pas connus à l'état cristallisé.

Il admet que cette infusibilité relative est le résultat, tantôt de la volatilisation alcaline, tantôt d'un simple partage dans les éléments du verre; les alcalis passent alors, d'après lui, dans la portion qui conserve l'état vitreux.

Pour M. Dumas, les éléments cristallisés ne préexistent pas dans le verre, et ne se forment qu'au moment de la dévitrification.

Pour d'autres auteurs, le verre, malgré son homogénéité apparente, contient déjà dans sa masse des composés définis s'en séparant au moment de la cristallisation.

D'après cette opinion le verre dévitrifié aurait une constitution identique à celle qu'il présente à l'état fondu; ce serait une sorte de dissolution des éléments cristallisables faite à une haute température dans une matière dissolvante avec conservation de la mollécule cristalline au sein du dissolvant.

M. Beurath, savant industriel à Dorpat, a discuté la question de savoir quel était le dissolvant en question et lui a attribué les compositions suivantes :

$$Na\,O.\,Ca\,O.\,6\,Si\,O^2.$$
$$Na\,O.\,Ca\,O.\,4\,Si\,O^2.$$

Mais nous ferons remarquer que, même en admettant l'assimilation du verre aux dissolutions, il serait impossible d'attribuer aux deux silicates précités le rôle que l'on a voulu leur donner; en

effet, dans les cas de cristallisation complète qui ont été cités précédemment, l'agent dissolvant n'a pu présenter cette composition surtout d'une façon constante; il a dû présenter des compositions incessamment variées pendant la durée de la cristallisation et, en dernier lieu, être identique au minéral qui a cristallisé postérieurement à tous les autres.

Ainsi donc, il faut écarter l'idée d'un dissolvant unique et commun à tous les verres, en un mot, d'un verre *normal*.

Un second point très intéressant de la question est celui de savoir dans l'hypothèse précédente si ce sont véritablement les minéraux cristallisés par l'effet de la dévitrification qui sont en dissolution dans le verre.

La comparaison avec les dissolutions aqueuses, tout à fait légitimes dans le cas qui nous occupe, ne paraît pas justifier cette manière de voir. On sait en effet, par des expériences variées, qu'en général les sels en dissolution n'ont pas la composition de ceux que l'on obtient par une cristallisation de la matière dissoute.

Les expériences faites au moyen de la dialyse, l'étude des refroidissements produits par la dissolution des sels, enfin l'examen des substances solubles douées de la polarisation rotatoire justifient parfaitement cette conclusion.

Les études des pétrographes contredisent aussi l'opinion que les éléments définis compris dans une sorte de dissolution au sein d'un verre homogène sont identiques à ceux que révèle une cristallisation par dévitrification.

Comme exemple, nous citerons ce fait qu'un verre ferrugineux agit très peu sur l'aiguille aimantée, tandis que si l'on soumet ce verre à un recuit qui amène sa dévitrification, on y fait naître aisément des cristaux microscopiques de fer oxydulé et alors la matière est devenue fortement magnétique.

On peut donc dire que le fer oxydulé ne préexistait pas, mais qu'il a pris naissance par la dévitrification.

Ainsi, tout en admettant que le verre est un mélange de corps à composition définie, dont les molécules plus ou moins complexes offrent des groupements déterminés propres à chacune d'elles, nous pensons que les molécules en question sont différentes, dans la plupart des cas, de celles qui entreront ensuite dans la constitution des cristaux du verre dévitrifié.

Les phénomènes que présente le sucre de canne suivant qu'il est cristallisé ou fondu, c'est-à-dire à l'état de verre ou dissous, vont nous permettre de faire ressortir avec plus de netteté l'inter-

prétation que nous venons d'exprimer au sujet de la composition intime du verre.

Le sucre cristallisé est dépourvu de polarisation rotatoire; il possède, au contraire, cette propriété, soit quand il est à l'état de sucre d'orge, soit quand il est dissous; ce fait montre déjà la similitude des verres et des dissolutions, il montre, en outre, que le réseau moléculaire qui appartient aux cristaux est détruit dans les cas de dévitrification ou de dissolution.

Dans ces deux cas, la molécule élémentaire du sucre reste seule en évidence et sa désignation se trahit par les phénomènes de polarisation rotatoire auxquels il donne naissance.

Cet exemple est très frappant en ce sens qu'il montre bien la différence qui existe entre un verre et une matière cristalline de même composition.

Le verre renferme des molécules complexes ayant une composition et une symétrie propre, mais ces molécules n'offrent aucun groupement régulier ne formant pas de réunion jusqu'au moment où commence le phénomène de dévitrification.

Il nous reste à considérer la question des relations existant entre la composition chimique du verre et celle des cristaux qu'il est susceptible de produire.

M. J.-B. Dumas, comme nous l'avons vu ci-dessus, avait émis l'idée que les cristaux provenant d'une dévitrification étaient toujours plus acides que le résidu vitreux de cette opération; dans certains cas particuliers, l'opinion de M. Dumas est justifié par l'observation.

Des exemples nombreux de dévitrification observés, soit dans des roches naturelles, soit dans des laitiers de hauts fourneaux, montrent effectivement que dans certains cas, assez nombreux eux-mêmes, il y a production de silice cristallisée sous forme de tridymite.

Les expériences de reproductions artificielles, effectuées à haute température par M. Hautefeuille, lui ont permis d'obtenir, au sortir d'un bain alcalin, non seulement la tridymite, mais encore du quartz cristallisé.

M. Fouqué a obtenu de la silice cristallisée sous forme de tridymite associée à un pyroxène calcique en dévitrifiant un verre formé de 63 0/0 de silice et 37 0/0 de chaux. Nous avons tout dernièrement observé une formation abondante de lamelles de tridymite dans les fissures de grains de quartz enclavés dans un verre.

Les grains de quartz en question avaient 1/2 *mm* à 1 *mm* de diamètre; ils avaient en grande partie perdu leur action sur la lumière polarisée ; ils se montraient parsemés de nombreuses inclusions, les unes vitreuses, les autres gazeuses.

Ces grains étaient séparés en plusieurs fragments par des fentes irrégulières, larges de quelques centièmes de millimètre et remplies par de la matière vitreuse.

Dans ces interstices, la tridymite se montre en lamelles d'une extrême minceur, souvent hexagonales, implantées normalement sur les fragments quartzeux en présence.

Quand la tridymite se montre sur la tranche, elle agit sur la lumière polarisée et ressemble beaucoup par sa biréfringence et son signe d'allongement à de l'albite ou de l'oligoclase.

Dans ce cas, la tridymite n'est pas le résultat d'une simple dévitrification ; elle provient de la réaction mutuelle qu'ont exercée l'un sur l'autre le quartz et une matière vitreuse fondue.

La présence du quartz demeuré solide au milieu de la matière en fusion a déterminé la cristallisation de la trydimite aux dépens du verre très siliceux logé dans les fentes du minéral.

Cette influence est d'ailleurs manifestée par la disposition de la tridymite en touffes normales à la surface des fragments quartzeux.

C'est un fait analogue à celui qui s'accomplit dans les cristallisations en grand qui s'opèrent parfois dans les verreries.

On sait en effet que si, dans du verre fondu de composition convenable, on projette des fragments de verre à l'état solide, ces fragments servent de point de départ et de centre à une cristallisation.

L'analogie des verres avec les dissolutions devait d'ailleurs faire prévoir ce phénomène.

En somme, la mise en liberté de la silice ne s'obtient artificiellement aux dépens d'un verre que dans certains cas particuliers, la dévitrification des verres ordinaires se fait le plus souvent suivant un mode inverse ; les produits principaux qui se séparent à l'état cristallisé sont plus basiques que la partie qui reste à l'état vitreux quand la cristallisation est opérée.

En effet, ces trois produits sont :

La wollastonite;

La dyopside;

La mélilite,

qui ne contiennent guère que 50 0/0 de silice, tandis que le verre

en général en renferme 70 à 74 0/0 ; le résidu est donc encore plus acide, et si souvent les analystes sont arrivés à des conclusions contraires, c'est que les cristaux prenaient naissance au sein d'un liquide complexe englobant nécessairement une partie décomposée encore liquide, en sorte que leur analyse ne peut pas ordinairement donner la composition des silicates qui se sont séparés par cristallisation.

Du reste, le microscope montre les proportions considérables de verre qui subsistent au milieu des concrétions de dévitrification en apparence les mieux cristallisées.

En résumé, nous nous représentons le verre comme formé d'un ou plusieurs composés définis dont les molécules sont dépourvues d'arrangement régulier et par suite différant entièrement des assemblages en réseaux propres aux substances cristallisées.

D'après les considérations ci-dessus exposées, les composés définis entrant dans la composition des verres seraient constitués par des mollécules déjà bien individualisées au point de vue physique et composées par des agrégats atomiques définis au double point de vue de la composition chimique et de l'arrangement.

Ces composés peuvent être dans certains cas identiques aux corps cristallisés susceptibles de prendre naissance au sein du verre, mais, dans d'autres cas, ils peuvent offrir une construction différente favorable seulement à la formation de certains corps cristallisés.

La tendance à la cristallisation est d'autant plus marquée que la composition du verre se rapproche davantage de celle d'une espèce ou d'un mélange de plusieurs espèces cristallines connues.

CHRONIQUE

N° 123.

Sommaire. — Accident du caisson du pont de Jeffersonville. — Effet du vent sur un pont. — Tramway à air comprimé.— Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — Industrie des machines agricoles en France. — Magasinage du pétrole dans les phares. — Poulies en papier.

Accident du caisson du pont de Jeffersonville. — Il est arrivé, le 9 janvier dernier, à la pile n° 1, en fonçage, du pont de l'Ohio, à Jeffersonville, un grave accident. L'air s'étant brusquement échappé du caisson, l'eau et le terrain l'ont envahi et quatorze hommes qui s'y trouvaient ont péri, quatre autres seulement ont pu s'échapper.

L'*Engineering-News* donne sur cet accident des détails très complets que nous résumons ci-après et dont il dit emprunter la plus grande partie à une feuille locale, le *Courier-Journal*, de Louisville.

Le caisson était du modèle ordinaire, de 15 *m* environ de longueur sur 6,35 *m* de largeur, avec une chambre de travail de 2,50 *m* de hauteur; il était construit en bois de 0,305 *m* sur 0,305 *m* d'équarrissage, et muni d'une chambre d'équilibre de 0,915 *m* de diamètre, 9,60 *m* de hauteur, d'une seconde cheminée pour les matériaux de 0,75 *m* de diamètre et de deux tuyaux d'échappement. La chambre d'équilibre avait deux portes, l'une au haut, l'autre au bas, toutes deux ouvrant, comme d'usage, de haut en bas. On n'est pas certain si ces portes étaient munies de crochets d'arrêt; pendant un certain temps on n'en mettait pas. Au moment de l'accident, le tranchant du caisson était à 9,15 *m* au-dessous du niveau du fleuve et engagé dans du sable.

Dans les travaux de ce genre, il est d'usage d'avoir toujours un homme dans la chambre d'équilibre pour manœuvrer les robinets et surveiller la porte du bas et un à l'extérieur de la chambre pour remplir les mêmes fonctions par rapport à la porte supérieure. Les portes ont chacune un robinet d'équilibre, elles sont à charnière placée sur un côté et, comme elles sont assez lourdes, elles sont munies d'un petit palan pour les relever et aussi les empêcher de tomber lorsque la pression intérieure vient à cesser. Ces portes sont en tôle avec une garniture en caoutchouc, leur disposition était d'ailleurs bien entendue pour le débouché dans le caisson.

Le contremaître John Knoch fit entrer ses hommes dans la chambre de travail du caisson à quatre heures après-midi et leur fit creuser une tranchée de 0,50 *m* de profondeur sous un des côtés du caisson, dans le but apparemment de remettre celui-ci de niveau. Vers cinq heures quarante minutes, cette tranchée était faite, et Knoch était occupé à lâcher l'air pour faire descendre le caisson lorsque l'accident se produisit.

Les témoignages ne sont pas d'accord sur les conditions qui existaient à ce moment. Walsh, le préposé du haut de la chambre d'équilibre, dit qu'on avait enlevé la porte supérieure pour allonger la cheminée. D'autres disent que Baldwin, le préposé à la porte du bas, n'était pas à son poste dans la chambre d'équilibre, mais en dehors de la cheminée et que c'est en voulant y rentrer qu'il ouvrit la porte et fit tomber la pression dans la chambre d'équilibre. Cette hypothèse ne semble pas probable. Il paraît que la pression dans la chambre de travail s'est abaissée brusquement et que, quelle qu'en soit la cause, la porte inférieure qui n'était point retenue s'est ouverte dès que son poids a été supérieur à la différence des pressions agissant sur ses deux faces. Dans ces conditions, si la chambre d'équilibre avait été fermée à la partie supérieure, elle se serait remplie d'air comprimé et l'ouvrier Baldwin n'eût pu ouvrir la porte du haut sans faire tomber préalablement la pression dans la chambre d'équilibre et par suite dans le caisson qui se trouvait en communication avec elle.

En coordonnant les divers récits des journaux, on peut donner l'explication suivante : il n'est pas douteux que Baldwin, le préposé à la porte du bas, ne fût absent de son poste, car il est sain et sauf et ne fait pas partie des quatre hommes qui se sont échappés par la chambre d'équilibre. La porte du bas était ouverte, car ces quatre hommes ont passé par elle et les corps des autres ont été retrouvés pressés dans la chambre d'équilibre et à moitié enfouis dans le sable qui l'avait envahie. Une rentrée brusque du terrain est un accident qu'on ne peut pas toujours éviter, mais, si Baldwin eût été à son poste et eût maintenu sa porte fermée, elle n'aurait pas pu s'ouvrir et l'accident n'eût pas été suivi des fatales conséquences qu'il a eues.

On a dit que la porte de la partie supérieure avait été enlevée pour l'allongement de la cheminée. Cette opération était, en effet, nécessaire par suite de la profondeur où se trouvait descendu le tranchant du caisson, mais elle n'aurait exigé que peu de temps et le contremaître Knoch aurait eu gravement tort de procéder à l'opération, toujours plus ou moins délicate, de la descente du caisson pendant l'absence de la porte supérieure de la chambre d'équilibre.

En agissant de cette manière, au lieu d'avoir deux portes fermées entre lui et le danger, il n'en avait qu'une, et celle-ci abandonnée sans surveillant.

On a parlé d'une insuffisance de force du caisson. Cette supposition ne paraît pas fondée ; le caisson a été construit par une maison qui a une longue expérience de ce genre de travaux et qui est parfaitement à même de se rendre compte des dangers et de la responsabilité qu'elle encourrait pour une économie misérable. D'ailleurs, le caisson a été, une fois vidé, retrouvé en parfait état. La cheminée des matériaux a été trouvée enlevée probablement par l'afflux brusque d'eau et de sable qu'on dit en avoir jailli à 10 ou 15 *m* de hauteur au moment de l'accident.

L'entrepreneur, M. Chas. Sooysmith, a déclaré que c'était le premier accident ayant eu de fatales conséquences qui se fût produit dans les travaux faits par sa maison, bien connue dans cette spécialité.

La cause en est pour lui un mystère et, comme tous les agents responsables ont péri dans la catastrophe, il sera sans doute bien difficile de connaître jamais la vérité. D'après lui, Knoch, le contremaître, était un homme expérimenté et prudent; il avait travaillé à plusieurs ponts, entre autres à celui de Sibley, et on en avait toujours été satisfait.

M. Sooysmith croit que l'accident s'est produit instantanément et sans avertissement quelconque. Lorsque le contremaître a lâché l'air pour faire descendre le caisson, s'il avait vu la moindre trace de ce qui allait se produire, il eût immédiatement fermé le robinet d'échappement et laissé remonter la pression. Il est probable qu'on aura rencontré une sorte de sable bouillant, qui aura cédé à la pression de l'air, que le caisson se sera incliné brusquement et qu'une partie de l'air s'échappant, la chambre de travail aura été envahie sans qu'on eût pu rien faire pour rétablir la pression.

Les hommes remontèrent immédiatement vers la chambre d'équilibre pour s'enfuir, lorsque les quatre premiers ouvrirent la porte supérieure, la porte du bas aurait dû se refermer automatiquement et conserver la pression dans le caisson, mais elle était obstruée par les malheureux qui cherchaient à remonter, et dès lors, toute pression étant supprimée dans le caisson, l'eau et le sable sortirent d'une manière torrentielle. Ce n'est qu'une hypothèse basée sur ce fait que le sable est un terrain dangereux et sujet à céder au moment où on s'y attend le moins.

D'après cette explication, la porte du haut de la chambre d'équilibre aurait été en place et elle aurait été ouverte par les premiers ouvriers qui ont pu remonter. Ceci impliquerait le fait que l'échappement de l'air sous le tranchant aurait été assez complet pour détruire presque entièrement la pression dans la chambre de travail et dans la chambre d'équilibre, sans cela la porte supérieure n'aurait jamais pu être ouverte du dedans presque instantanément, comme cela a dû avoir lieu pour qu'on puisse expliquer la manière brusque dont s'est produit l'accident. On fait remarquer avec raison que toutes les explications données jusqu'ici sont plus ou moins basées sur des hypothèses partant de faits affirmés par les uns et contestés par les autres. Il est au moins prudent de suspendre les appréciations jusqu'à ce qu'une enquête ait fait connaître les faits tels qu'ils se sont produits et amène à la connaissance de la vérité, ce qui ne saurait manquer d'avoir lieu.

Effet du vent sur un pont. — Le *Centralblatt der Bauverwaltung* rapporte, d'après une note de la Société russe des ingénieurs des voies de communication, un effet remarquable du vent sur un pont de chemin de fer.

Le 11 août 1889, un pont établi sur le Volga pour le passage de la ligne de Rshew-Wjasma, fut déplacé de 0,13 *m* transversalement sur ses appuis. La travée, de forme demi-parabolique, de 106,50 *m* de portée pesait 688 tonnes, elle n'était pas fixée sur ses glissières. Celles-ci étaient graissées avec du suif. Le coefficient de frottement, appliqué au poids du pont et évalué à 5 0/0, donne une pression du vent égale à 35 *t* environ qui ont ressortir la pression par mètre carré à 132 *kg*. Il n'y a point eu de dégâts matériels autres que la rupture des rails et de quelques boulons.

Tramway à air comprimé. — L'emploi de l'air comprimé pour la traction sur les tramways a déjà reçu diverses applications dont les plus connues sont celles qui ont été faites par M. Mékarski, d'abord aux tramways de Nantes, puis, plus récemment, aux portes même de Paris, sur les tramways Nogentais. L'air comprimé est, comme on sait, emmagasiné sous une pression assez considérable, 30 atmosphères, dans des réservoirs placés sur les véhicules et rechargés lorsqu'ils sont plus ou moins vides dans une usine de compression d'air établie à un point de la ligne. Le colonel Beaumont a employé en Angleterre un système analogue, mais avec des pressions qui allaient jusqu'à 80 atmosphères.

On vient d'essayer à Chester une disposition différente qui peut présenter un grand intérêt dans certains cas, et qui est dû à MM. Hugues et Lancaster. Bien que ce ne soit qu'un simple essai, comme on paraît s'en occuper beaucoup en Angleterre, il nous paraît utile de faire connaître les dispositions essentielles de ce système d'après les descriptions qui ont paru dans les divers journaux techniques anglais.

L'emploi des pressions élevées exige celui de réservoirs très résistants qui ont beaucoup de poids et sont très encombrants. MM. Hugues et Lancaster ne dépassent pas une pression de 10 à 12 *kg* par centimètre carré et leurs réservoirs n'ont que le volume correspondant à un parcours de 1 500 *m* environ. On les recharge, en route même, par la mise en communication avec une conduite d'air comprimé qui règne le long de la ligne et qui porte de distance en distance des bouches de prise d'air.

La manière dont ces bouches sont disposées font tout l'intérêt du système; elles permettent, en effet, de charger les réservoirs dans un arrêt extrêmement court qu'on peut faire coincider avec un arrêt pour prendre et laisser des voyageurs, et qui n'exige aucune manœuvre spéciale. Nous tâcherons de faire comprendre cette ingénieuse disposition aussi bien qu'il est possible de le faire sans le secours de figures.

Aux endroits où se trouvent les prises d'air, se trouve à côté du rail une sorte de fosse de 20 ou 25 *cm* de largeur fermée par un couvercle et où se trouve une sorte de croisillon à quatre branches dont l'axe horizontal perpendiculaire à l'axe du tramway est un branchement de la conduite d'air comprimé. Sur les voitures se trouve entre les roues et dans une position correspondante à celle du croisillon dont nous venons de parler, un croisillon analogue, mais à deux branches seulement, dont l'axe horizontal est un tuyau communiquant avec les réservoirs de la voiture. Ceci posé, lorsque le véhicule approche du point de chargement, le conducteur ralentit la marche; en abaissant un levier qui est à sa portée, il lève le couvercle de la fosse qui se trouve retenu par le bord de la voiture; le croisillon de celle-ci s'engage dans un des bras du croisillon fixe et il se produit une sorte d'engrènement entre les deux qui les amène à une position où se trouvent ouverts à la fois des robinets formés par les axes mêmes des croisillons. Si la marche se continue, les robinets se ferment et les croisillons se dégagent. A la rigueur, on pourrait prendre une charge modérée d'air sans arrêt en passant lentement sur la prise d'air, mais en pratique, on est conduit à un arrêt, très court d'ailleurs.

La voiture sur laquelle les essais ont été faits a un réservoir en tôle

de 3 *mm* d'épaisseur. Elle pèse 2 000 *kg* en nombre rond, la machine complète 1 800, les voyageurs autant, total 5 600 *kg*. On voit que l'appareil moteur ne représente que le tiers à peu près du poids total, soit la moitié du poids utile, tandis qu'un remorqueur à vapeur qui devrait peser environ 12 *t* représenterait le triple de la même charge utile. Nous n'insisterons pas sur les avantages et les inconvénients de la traction par l'air comprimé comparativement aux autres système de traction. Nous nous bornerons à reproduire les résultats obtenus dans des expériences faite sur cette voiture par le professeur Unwin. Le véhicule n'avait pas été construit exprès, mais simplement adapté au système. Aussi a-t-on éprouvé des fuites un peu gênantes qu'on espère ne pas voir se reproduire ultérieurement.

En supposant une résistance par tonne de niveau égale à 12 *kg* (nous avons arrondi les chiffres provenant de la transformation des mesures anglaises), on trouve un travail moyen de 3 660 *kgm* par kilogramme d'air. Le tableau ci-dessous donne le détail des expériences.

DÉCLIVITÉS	RÉSISTANCE DU VÉHICULE pesant 6 tonnes.	PRESSION EFFECTIVE INITIALE de l'air au réservoir	PRESSION EFFECTIVE FINALE de l'air au réservoir	POIDS D'AIR DÉPENSÉ	TRAVAIL PRODUIT par KILOGRAMME D'AIR	PARCOURS EFFECTUÉ avec CE POIDS D'AIR
	kg	*kg*	*k*	*kg*	*kgm*	*m*
Palier.	72	12	1,27	35,68	4 342	2 152
6,6 millièmes.	111,6	12	1,98	33,34	4 110	1 228
13,3 —	151,2	12	2,69	31,00	3 873	794
20,0 —	192,0	12	3,40	28,65	3 706	553
40,0 —	312,0	12	5,38	22,07	3 308	234

A la descente des pentes on arrête l'arrivée de l'air sur les pistons ou bien on renverse la marche de manière à faire refouler dans les réservoirs. Ceux-ci au nombre de deux ont chacun une capacité de 1 450 litres. La vitesse moyenne de la voiture est de 14,5 *km* à l'heure, mais on a été jusqu'à 24.

Les inventeurs estiment qu'avec du combustible à 12,5 *f* la tonne, sur une ligne, comme celle des tramways de Chester, la dépense de ce chef ne dépasserait pas 0,04 *f* par kilomètre parcouru. Il semble que ce système aurait surtout de l'intérêt pour des villes où il existe des canalisations d'air comprimé.

Locomotives des premiers chemins de fer d'Alsace. — A l'occasion d'une note figurant au bas de la page 241 de la Chronique de février 1890, M. Bazaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, nous fait l'honneur de nous adresser une lettre indiquant que : « En 1839 aucun chemin de fer français n'avait mis en service

de locomotive française, excepté le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon qui, pour son service de voyageurs, en 1839 employait cinq locomotives françaises (constructeurs Tourasse et Schneider frères, du Creusot). »

« Cela n'infirme pas d'ailleurs le tableau de 1840 (Flachat et Petiet) ni le tableau de 1842 (Deghilage). »

Le fait ci-dessus résulte des dates de mise en service des locomotives des diverses lignes françaises antérieurement à 1842, rapportées dans les tableaux du mémoire de Petiet sur l'accident de Versailles R. G. du 8 mai 1842, mémoire que M. Bazaine a bien voulu offrir à la Société pour sa bibliothèque.

Industrie des machines agricoles en France. — Notre collègue, M. le comte de Salis, a présenté à la séance générale de la Société des Agriculteurs de France, du 6 février dernier, un rapport sur l'industrie du matériel agricole qu'il nous paraît intéressant de reproduire.

Le matériel agricole, tel que nous le montre l'Exposition qui vient de se clôturer si brillamment, ne ressemble guère aux quelques outils primitifs dont se contentaient la plupart des cultivateurs il y a un siècle, en cette année 1789, dont le Centenaire a été le prétexte d'une de ces exhibitions que nos prédécesseurs d'il y a cent ans ne pouvaient soupçonner, pas plus qu'il ne leur était possible, quelle que fût leur intelligence, de prévoir la puissance et le développement des engins mis en œuvre et qui ont bouleversé la surface du pays, changé son aspect et sa vie, transformé les relations internationales.

L'agriculture aujourd'hui peut être comparée à l'industrie; les procédés actuels font d'une ferme une véritable manufacture de plantes, d'animaux dont on exploite les produits. Seuls, les esprits arriérés croient que dans les exploitations rurales tout dépend uniquement de la succession des phénomènes naturels; certainement les actions et les réactions des forces physiques, la chaleur, la lumière, l'électricité, les perturbations météorologiques, interviennent pour une large mesure dans le développement et la maturité des récoltes, mais l'homme n'est pas désarmé et sans influence sur ces puissants facteurs de la vie, comme voudraient le faire croire les intelligences timorées et paresseuses. Il n'est certainement pas le maître du climat, mais l'expérience et l'observation lui font choisir les races de plantes qui conviennent le mieux au sol de la contrée qu'il habite, qui y sont acclimatées et dont le tempérament cadre le mieux avec le milieu atmosphérique où elles doivent végéter; il arrive même à faire surgir des espèces nouvelles par la méthode de la sélection qui a fourni les célèbres blés généalogiques du major Hallett.

Quant aux terrains stériles, inoccupés, la honte de l'Europe et de la France, où pas un pouce du sol national ne devrait être abandonné, on a tous les moyens possibles de les rendre friables par l'emploi des instruments, d'en transformer les éléments minéraux ou organiques par les amendements et les engrais, et par conséquent, d'utiliser la chaleur, la lumière et la pluie qui sont distribuées en quantité égale à la terre cultivée comme à celle que l'insouciance néglige en laissant se perdre

sans emploi les forces mises à notre disposition par le souverain dispensateur de toutes choses. Enfin, l'hydraulique agricole fournit, en outre, le moyen de se débarrasser des eaux surabondantes et de les conduire pour donner la fertilité et la vie aux terrains arides et improductifs. On peut donc dire qu'il y a un devoir absolu pour tous, devant Dieu et devant la patrie, à économiser et à aménager le travail des bras et celui des moteurs animés, en perfectionnant l'outillage agricole qui aide le fonctionnement des agents naturels, les utilise mieux et plus complètement, enfin, qui augmente ainsi les forces et la richesse nationales.

La section de génie rural, imbue de ces idées, a consacré deux journées entières à l'examen collectif des nombreuses machines agricoles exposées tant au Champ de Mars, que sur le quai d'Orsay et sur l'Esplanade des Invalides ; ses membres ont complété ces observations nécessairement incomplètes par l'étude individuelle du matériel exposé. Elle n'a pu s'empêcher de regretter que tous les engins du travail rural n'aient pu être réunis et se montrer au public avec un ensemble digne de la plus importante de nos industries qui occupe plus de 20 millions de Français. On aurait formé ainsi une masse imposante, en rapport avec la haute utilité sociale de l'agriculture ; ce spectacle aurait été une véritable révélation pour les habitants des villes qui ne soupçonnent pas le rôle prépondérant de l'industrie rurale dans la vie du pays et ignorent complètement les procédés mécaniques auxquels elle a recours aujourd'hui.

Pendant de longues années, les États-Unis de l'Amérique du Nord et l'Angleterre ont eu de fait le monopole de la fabrication des machines agricoles qui y constituaient une industrie puissante, servie par des capitaux très considérables mettant en jeu de grandes usines dirigées par des ingénieurs à la fois mécaniciens et agronomes de la plus grande habileté. La France n'avait à opposer à cette légion fortement constituée que de petits ateliers, mal outillés, sans capitaux et sans direction technique suffisante. La situation est complètement changée, au grand profit de la production nationale ; sur toute la surface du territoire français, dans toutes les régions, nous rencontrons des usines où la construction des machines agricoles est entreprise, sinon avec la puissance des ateliers anglais ou américains, du moins avec de larges bases et avec un outillage mécanique qui permet de fournir la clientèle à des prix qui n'ont rien d'exagéré, de sorte que les outils sortis de nos fabriques françaises peuvent lutter de qualité et de prix avec ceux que présentent les agents des industriels étrangers.

Ce fait est facile à constater ; nos concours régionaux facilitent souvent cette comparaison, mais elle ressort surtout de l'examen des expositions universelles.

En 1855, on a vu pour la première fois une exhibition assez complète de machines agricoles : on avait bien admis dans des expositions nationales antérieures quelques charrues ou engins pour la culture du sol, mais c'était plutôt à titre exceptionnel et pour montrer que ce qui concernait l'agriculture n'était pas passé sous silence. On peut dire que dans son ensemble, à part les charrues, la machinerie française exposée était très inférieure aux instruments anglais exposés. Il ne faut pas oublier qu'à ce moment les faucheuses et moissonneuses étaient à l'état rudi-

mentaire, et que les machines à battre ne faisaient qu'un travail incomplet tant comme égrenage que comme nettoyage et qu'elles avaient l'inconvénient, grave pour certaines régions, de briser la paille. Quelques locomobiles apparaissaient, mais on était loin de se douter de leur utilité pratique ; elles étaient presque considérées comme des objets de luxe destinés aux écoles officielles de l'Etat et aux exploitations dirigées à grands frais par les privilégiés de la fortune.

En 1867, le matériel agricole se montre avec un véritable éclat : de nombreuses machines garnissent le palais du Champ de Mars, ses annexes, le parc et l'île de Billancourt, malheureusement délaissée par le public. En douze ans, des progrès immenses se sont réalisés ; les faucheuses et moissonneuses sont entrées dans le domaine de la pratique, les machines à battre fournissent du grain prêt à figurer sur le marché, les locomobiles sont nombreuses, et on commence à comprendre le grand avantage qu'il y a à les substituer aux manèges. Les constructeurs anglais ont une magnifique exposition dans l'annexe qui leur est réservée ; mais les machines françaises peuvent leur être comparées, quelquefois avec avantage. D'anciennes maisons se sont transformées ; de nouvelles ont été créées ; le cultivateur n'est pas aussi rebelle à l'emploi d'engins mécaniques ; des industriels intelligents et hardis comprennent qu'une clientèle immense leur est ouverte.

L'Exposition de 1878 marque, au point de vue de la mécanique agricole, un pas considérable en avant. Le nombre des constructeurs de charrues et d'outils à façonner le sol s'est considérablement accru ; il en est de même de la qualité de leurs produits ; les métaux sont convenablement choisis, employés avec discernement et bien forgés ; les versoirs ont enfin des formes qui allègent considérablement la charge des attelages, tout en travaillant mieux le sol ; les presses à fourrages véritablement pratiques se montrent en nombre ; les batteuses ont subi de grandes améliorations ; on voit apparaître les petites machines à main, dites suisses, enfin la moissonneuse lieuse, mais fonctionnant au fil de fer, prouve tout au moins que le liage mécanique des gerbes est possible. Quant aux machines à vapeur, on se préoccupe moins d'une simplicité exagérée ; on cherche, tout en évitant les complications inutiles, à rendre la consommation du charbon aussi restreinte que possible. Au point de vue des transports agricoles, les petits chemins de fer Decauville font leur apparition.

L'Exposition de 1889, où malheureusement le matériel agricole était si peu concentré qu'il était difficile de trouver certains objets, révèle tout d'abord l'extension considérable prise en France par la fabrication des machines et des engins de toute sorte à l'usage de la culture. Les progrès de la métallurgie ont favorisé ce développement et l'emploi judicieux de l'acier est général ; il permet d'unir la légèreté à la solidité, ces deux qualités qui s'excluent habituellement et qu'on doit rechercher dans les machines agricoles d'extérieur dont le nombre de fabricants est vraiment prodigieux et inespéré.

Les semoirs qui étaient un peu délaissés par nos constructeurs se présentent en grand nombre ; autrefois d'une simplicité apparente qui

nuisait à la bonne exécution du travail, ces outils délicats ne laissent aujourd'hui rien à désirer.

Les machines à battre sont améliorées dans bien des détails ; des types particuliers sont appropriés aux besoins des diverses régions ; des machines mixtes permettent de battre les petites graines.

Plusieurs constructeurs français ont pris hardiment en main la solution du problème du liage à la ficelle et leurs appareils peuvent lutter contre les similaires étrangers.

Enfin, il faut noter l'emploi général du métal pour une foule d'appareils usités dans la ferme, dont les détails ont été très améliorés.

En constatant l'étendue et la perfection de la mécanique agricole, il est impossible de ne pas signaler la singulière attitude des étrangers qui ne sont venus, cette fois-ci, qu'en très petit nombre. Ils savaient bien que la courtoisie et la justice françaises n'étaient pas éteintes, que la consommation des machines allait en augmentant ? D'où vient cette abstention ; il ne nous appartient pas de le dire ; mais nous pouvons consigner ici que les millions de visiteurs ruraux amenés à prix réduit par nos Compagnies de chemins de fer n'ont pu rencontrer que du matériel français, bien exécuté, avec de bons matériaux et remplissant le but qui lui était assigné. Ils ne se serviront à l'avenir que de ce qu'ils ont pu voir et apprécier.

De tels résultats ne peuvent être obtenus que par de longs et pénibles efforts, par des travaux persévérants et continus. Aussi, comme sanction de sa visite à l'Exposition, la section de génie rural a pensé à attribuer aux mécaniciens français un témoignage de satisfaction pour les résultats obtenus.

Il était évidemment impossible de donner à chacun une récompense personnelle ; d'ailleurs, les mérites ne sont pas égaux et à aucun titre la section ne veut s'ériger en censeur du Jury officiel ni refaire son travail. Son but est d'attribuer à l'ensemble des constructeurs français de machines agricoles une preuve publique et éclatante des résultats obtenus et du courage dépensé pour y parvenir.

Nous croyons réaliser cette pensée en offrant l'objet d'art de la Société des Agriculteurs de France au *Syndicat des constructeurs* de machines et instruments d'agriculture et d'horticulture de France, dont M. Albaret est le président-fondateur et M. Gautreau, le président ; la récompense est remise au syndicat comme représentant l'ensemble des constructeurs français, presque tous les exposants en faisant partie.

Le monde agricole ratifiera cette décision qui ne blesse aucun amour-propre et est justement méritée par ceux qui ont créé en France une industrie considérable qui n'existait pas il y a cent ans.

Magasinage du pétrole dans les phares. — On emploie exclusivement aujourd'hui le pétrole pour l'éclairage des phares des côtes de la mer du Nord en Allemagne, et on a adopté des installations perfectionnées pour le magasinage et la conservation de cette matière, dans le but, en dehors de la question de sécurité, de réduire au minimun les pertes par les fuites et par la manutention.

Le pétrole est conservé dans des réservoirs en tôle de capacité suffi-

sante pour recevoir l'approvisionnement nécessaire à une année; les plus grands de ces réservoirs ont 1 mètre de diamètre et 1,50 *m* de hauteur; la tôle a de 3 1/2 à 4 1/2 *mm* d'épaisseur pour les parois circulaires, de 3 à 3 1/2 pour le couvercle et 5 à 6 pour le fond. Ces épaisseurs sont nécessaires pour assurer l'étanchéité des joints.

On emploie pour ces réservoirs quatre systèmes différents de fabrication: 1° des joints à doubles rangs de rivets; 2° la même disposition avec mattage et calfatage des joints; 3° des joints soudés: 4° double paroi avec un seul rang de rivets et joints mattés et calfatés.

Le troisième système a été trouvé le meilleur en pratique, bien qu'il soit le plus coûteux.

La double paroi présente un inconvénient, celui de la gelée en hiver, qui oblige à vider l'enveloppe de l'eau qu'on y met.

Les réservoirs sont placés dans des caves en maçonnerie isolées des autres bâtiments. Ils sont munis de tubes de niveau en verre, et on les vide et les remplit par des tuyaux qui passent par des ouvertures ménagées dans la voûte des caves. Autrefois, quand on prenait l'huile directement dans les fûts, la perte allait de 5,4 à 13,7 0/0; avec la disposition actuelle, elle ne dépasse pas 1 0/0 et on a des garanties à peu près complètes de sécurité.

Poulies en papier. — On sait que le papier est aujourd'hui employé pour la fabrication de quantité d'objets, parmi lesquels on peut citer les roues de wagons. Notre collègue, M. Burot, constructeur de machines à Angoulême, en a fait une heureuse application aux poulies de transmission.

Ces poulies sont formées, comme les poulies en fer, si répandues depuis quelque temps, d'un moyeu en fonte et de bras en fer portant une armature sur laquelle repose la jante en papier. Cette armature, également en fer, maintient la jante pendant la fabrication, en même temps qu'elle lui donne ensuite plus de solidité.

Le papier, d'une qualité spéciale et choisi après un grand nombre d'essais, est collé, enroulé et comprimé en une seule opération sur l'armature en fer, de sorte qu'il ne reste qu'à sécher la couronne et à la tremper ensuite dans un bain d'huile de lin et résine convenablement préparé, pour donner au papier plus de résistance à l'humidité, quoique des poulies non préparées ainsi et exposées à l'action du froid et du brouillard pendant tout un hiver aient parfaitement résisté et fonctionné en continuant à faire un bon service.

Ces poulies étant excessivement légères et d'un prix bien inférieur à celui des poulies en fer ou en fonte, sont destinées à les remplacer rapidement dans tous les cas où la transmission n'exige pas une puissance considérale. M. Burot les emploie actuellement pour transmettre des puissances de 1/2 à 4 chevaux. Des essais faits en ce moment sur des poulies transmettant de grandes forces permettront probablement de les utiliser dans ce cas.

Ces poulies chargent peu les arbres et permettent d'en employer de diamètre relativement faible; elles présentent, en outre, l'avantage de pouvoir être élargies ou rétrécies très facilement en cas de besoin.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1890

Liste des membres du Conseil pour 1890.

Rapport sur l'**état financier** de la Société.

Rapport de M. E. SIMON sur l'**interrupteur automatique** appliqué aux transmissions de MM. CHAIZE frères.

On cherche actuellement, dans les régions de Saint-Étienne et de Lyon, à actionner les métiers à tisser placés au domicile de l'ouvrier par une force motrice générale venant du dehors.

L'appareil qui fait l'objet de ce rapport a pour but : 1° de régulariser la marche de plusieurs métiers actionnés par un même moteur électrique ; 2° de réduire au minimum la consommation de la puissance motrice.

Le régulateur de MM. Chaize frères est à force centrifuge et entièrement comparable aux régulateurs à boules en usage sur les machines à vapeur ; il agit pour interrompre le circuit, dès que la vitesse dépasse le nombre de tours normal et rétablit le courant dès que le ralentissement voulu s'est effectué. Par une disposition heureuse, les contacts sont noyés au sein d'un liquide, ce qui évite la production d'étincelles hors de l'arrêt du courant.

Sur chaque métier est adapté un commutateur solidaire du débrayage, de sorte que, par suite de la liaison des métiers à la réceptrice, lorsqu'on arrête un métier, celui-ci se trouve isolé de la source électrique ; si la totalité des métiers cesse d'agir, la dynamo-réceptrice cesse spontanément de fonctionner et, par conséquent, la transmission de tourner en pure perte.

Rapport de M. LE CHATELIER, sur l'**acier-manganèse**, de M. HADFIELD.

Il s'agit d'un nouvel alliage de fer et de manganèse, présenté par M. Hadfield, directeur des *Hecla-Works* à Sheffield. La proportion de manganèse peut varier de 2 à 23 0/0 ; au-dessous de 7 0/0, les alliages sont peu propres par leur fragilité aux applications industrielles, tandis que vers les proportions de 12 à 14 0/0, on obtient un nouveau métal doué de qualités très remarquables. Il présente notamment une particularité qui le distingue de l'acier, c'est que la trempe agit sur lui en augmentant à la fois son élasticité et son allongement, et cela dans une

mesure d'autant plus grande que le refroidissement a été plus intense. L'allongement peut aller jusqu'à 50 0/0 ; il se produit uniformément sur la longueur des éprouvettes, il n'y a pas de striction.

Cet effet de la trempe qui, simultanément, fait monter la charge de rupture de 57 à 105 *kg* par millimètre carré et croître l'allongement de 1,56 à 44,4 0/0 est la propriété la plus curieuse de ce métal et constitue jusqu'ici un exemple unique en métallurgie.

Le métal se coule très facilement et sans soufflures, mais il n'obtient sa résistance élevée que par le forgeage. Il n'est pas magnétique et sa résistance électrique est supérieure à celle de tous les métaux et alliages usuels. Il serait très propre à un grand nombre d'applications industrielles pour lesquelles le travail à froid n'est nécessaire, car c'est là à peu près le seul inconvénient qu'il présente. Son emploi est tout indiqué pour les machines agricoles, les roues de wagonnets, fers à cheval, ferrures diverses, etc.

Rapport de M. H. Le Chatelier, sur une **communication de M. Henry relative au ciment de laitier.**

M. Henry a introduit le premier en France et a notablement perfectionné la fabrication du ciment de laitier; cette industrie prend un développement assez considérable

Un point intéressant à signaler est celui ci :

La découverte du ciment de laitier a consisté uniquement à trouver un procédé qui permit de concilier les deux conditions contradictoires de vitrosité et de basicité. En effet, on savait depuis longtemps que les laitiers vitreux seuls jouissent de propriétés pouzzolaniques, et cela d'autant plus qu'ils sont plus basiques ; mais, d'autre part, les laitiers trop basiques cristallisent et n'acquièrent pas l'état vitreux.

Le hasard a fait découvrir que la désagrégation par l'eau, qu'on employait par économie, pour éviter les frais de broyage, s'opposait à la cristallisation et donnait aux laitiers même très basiques l'état vitreux et par suite les propriétés pouzzolaniques recherchées.

La granulation a d'ailleurs autre chose qu'une influence purement mécanique; elle produit une modification moléculaire qui augmente l'affinité chimique du laitier. On en a un exemple bien connu dans les changements d'état du phosphore.

Notice sur la vie et les travaux de M. Édouard Phillips, membre honoraire de la Société d'Encouragement, par M. Ed. Collignon, secrétaire du conseil.

Discours prononcés à l'érection de la statue de J.-B. Dumas, à Alais, par MM. Pasteur, Armand Gautier et Haton de la Goupillière.

Unités adoptées en mécanique et électricité dans le congrès de 1889.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

DÉCEMBRE 1889

Note sur les **Principes de tarification et d'exploitation** du trafic voyageurs, par M. RENÉ TAVERNIER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'orateur a indiqué dans un premier travail intitulé : *Exploitation locale des grandes Compagnies* (voir Chronique de juin 1888, p. 805), que l'importance des transports à courte distance était surtout considérable pour le *trafic voyageurs*. Son but est, dans cette note, d'étudier de plus près cette matière et de rechercher si elle ne comporte pas, tout aussi bien que la matière marchandise, des principes de tarification et des règles d'exploitation.

M. Tavernier rappelle que toutes les idées émises au sujet de la tarification des exploitations monopolisées en général, peuvent se rattacher à trois points de vue :

1° Le point de vue égalitaire ou uniformisateur;

2° Le principe de la proportionnalité des taxes au prix de revient;

3° Le principe de la proportionnalité des taxes à la valeur du service rendu au client.

C'est ce dernier principe qui a été condensé par M. Solacroup dans une formule célèbre que l'auteur croit applicable également au service voyageur : « En matière de tarification de transports, il n'y a qu'une seule règle rationnelle, c'est de demander à la marchandise tout ce qu'elle peut payer, tout autre principe est arbitraire. »

Les trois points de départ de tarification ci-dessus sont examinés en détail. Le principe de l'égalisation des taxes est absolument contraire à la justice, et Proudhon a eu raison de s'élever, dès l'origine des chemins de fer contre « l'inégalité choquante, immorale, créée entre les lignes par l'adoption d'un tarif uniforme. » Le principe de la proportionnalité de la taxe au prix de revient est rationnel, mais on se heurte contre une difficulté presque absolue, celle de trouver ce prix de revient à peu près exactement.

Le principe de la proportionnalité au service rendu au client a été développé par Dupuit en 1844 et 1849. Il est simple et séduisant, mais les moyens de l'appliquer sont délicats et multiples.

Le mémoire fait ensuite l'examen critique des principes des tarifs usuels de voyageurs, dont il existe une grande variété : tarifs ordinaires des diverses classes, places de luxe, trains de plaisir, billets d'aller et retour, billets circulaires, etc., lesquels amènent des différences quelquefois extraordinaires entre les prix extrêmes. Pour n'en citer qu'un exemple, on paye de Lyon à Paris, 20,5 *c* en train de luxe; et 1,4 *c* dans les trains de plaisir organisés pour l'Exposition.

La conclusion de cet examen est que la nécessité de réformes décentralisatrices s'impose dans l'exploitation des chemins de fer et que la variété des procédés et des tarifs constitue, pour les voyageurs aussi bien

que pour les marchandises, la principale cause de leur fécondité. Les chemins de fer peuvent emprunter utilement à une industrie qui a donné un exemple remarquable des avantages de la concentration, les grands magasins, leur rouage indispensable, le chef de rayon, sous la forme d'un chef d'exploitation locale qui, syndicant et groupant les efforts indépendants, drainera tout le trafic d'un champ commercial suffisamment restreint, mieux que ne pourrait le faire une direction unique et lointaine, et sera constamment poussé par la nécessité et l'intérêt dans la voie du progrès.

Note sur les **chemins de fer départementaux**, par M. NOBLEMAIRE, ingénieur en chef des Mines, directeur de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.

Il n'y a pas à discuter la nécessité des chemins de fer départementaux et la convenance de proportionner l'importance de l'outil à celle du trafic à desservir, c'est-à-dire l'utilité de la voie de 1 *m* et même de celle de 0,60 *m*.

Au sujet de cette dernière, l'auteur cite, outre l'exemple du chemin de fer Decauville de l'Exposition qui, en six mois, a transporté plus de six millions de voyageurs, le chemin de fer si connu du Festiniog et celui de Darjeeling dans l'Inde anglaise (voir *Chronique* d'octobre 1887, page 319).

La nécessité des petites compagnies n'est pas moins évidente. Les petits chemins de fer aux petites compagnies. Il n'y a en réalité aucune cause d'antagonisme de la part des grandes compagnies qui ne sauraient marchander dans bien des cas leur concours aux petites.

Mais le mode de constitution de ces dernières laisse souvent à désirer, et il serait à souhaiter que les sacrifices que s'imposent les départements et l'Etat fussent toujours employés avec le meilleur résultat possible.

Le mémoire qui nous occupe peut se résumer par les quatre principes suivants :

1° Les chemins de fer départementaux doivent être construits par les départements et à leurs frais ;

2° L'exploitation doit être confiée par eux à un fermier, propriétaire de son matériel roulant et choisi, autant que possible, de gré à gré, plutôt que déterminé par les hasards d'une adjudication qui, en tout cas, ne saurait, sans inconvénients, être publique. Le traité ne peut être basé que sur le partage du bénéfice net de l'exploitation entre le département et l'entrepreneur ;

3° La largeur de la voie doit être en raison de l'importance et surtout de la nature du trafic en vue duquel le chemin de fer est construit;

4° Sans être une panacée propre à conjurer tous les inconvénients et les dangers dont l'expérience a déjà démontré la réalité, les idées qui précèdent seraient un frein contre le péril de courir les aventures et contre certains entrainements auxquels les départements n'ont pas toujours résisté.

Le mémoire est accompagné de trois documents qui résument les considérations qui y sont développées :

1° Projet de convention entre le département et la Compagnie P.-L.-M., établi dans le but de faciliter au département la construction et l'exploitation d'un réseau de chemins de fer départementaux ;

2° Projet de traité entre le département et la société d'exploitation ;

3° Projet de loi sanctionnant les convention et traité ci-dessus.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Sud-Est.

Séance du 10 novembre 1889.

Communication de M. de Place sur **l'application de l'électricité à l'éclairage des mines.**

Il s'agit des divers essais faits aux mines de Rochebelle pour lesquelles la question de l'éclairage électrique présentait un intérêt particulier, non au point de vue du grisou qui n'y existe pas, mais à celui de l'acide carbonique dont le dégagement brusque éteint les lampes et amène des accidents très graves, comme on en a eu un fâcheux exemple en août 1886.

On a cherché à éviter cet inconvénient de diverses manières : 1° éclairage par lampes fixes à huile alimentées par des conduites d'air comprimé ; 2° éclairage électrique par fils et dynamos placées à l'extérieur ; 3° éclairage par lampes électriques portatives.

L'essai des lampes fixes à huile alimentées par les conduites d'air comprimé existant déjà dans les mines pour divers usages se poursuit actuellement.

L'éclairage électrique par lampes fixes exige une dépense assez élevée. Pour 200 lampes à incandescence avec dynamo de 75 volts et 240 ampère, il faut compter avec le moteur, mais sans les chaudières, une dépense d'environ 25 000 *f.*

D'ailleurs, on ne peut songer à employer les lampes fixes dans les chantiers d'abattage et la solution n'est que partielle.

Quant aux lampes électriques portatives, on a aujourd'hui plusieurs modèles qui semblent indiquer que le problème de la durée de l'éclairage par ces appareils est résolu d'une manière satisfaisante.

On a essayé, à Rochebelle, la lampe *Schanschieff*, dont il y a trois modèles :

1° Une lampe dite *réversible* donnant de 14 à 12 heures de lumière d'une intensité de 1 1/2 à 2 bougies environ ;

2° Une lampe *recouverte en bois*, à éléments plongeants, dont la durée est de 8 à 10 heures, avec une intensité lumineuse qui ne parait pas dépasser 1 à 1 1/2 bougies ;

3° Une lampe dite *du Génie* qui doit durer plus de 12 heures.

La première paraît être celle qui présente le plus d'avantages ; il suffit de la renverser dans un sens ou dans l'autre pour faire paraître ou disparaître la lumière. La batterie chargée pèse environ 2 1/2 *kg.*

La seconde lampe se met en action à l'aide d'une tige et d'un écrou qui font plonger les éléments dans le liquide. Elle pèse 2 250 *g*. Elle ne paraît pas jouir d'une étanchéité suffisante, ce qui est un grave inconvénient.

La troisième lampe pèse 3 1/2 *kg*; elle a été faite pour l'éclairage momentané des poudrières et est trop lourde pour le service des mines.

Ces lampes, sans être encore parfaites, représentent un progrès sensible. On peut estimer à 1,25 à 1,50 *f*, le prix de revient de l'éclairage par les lampes portatives Schanschieff par poste de 10 heures, ce qui représente huit à 10 fois le prix de l'éclairage ordinaire des mines. Si ce prix ne pouvait être abaissé, les lampes de ce genre ne sauraient être utilisées que dans des cas particuliers. Il est d'ailleurs à remarquer que, leur emploi ne permettant de reconnaître ni le grisou, ni l'acide carbonique, il faut nécessairement et simultanément d'autres lampes ou appareils pour constater la présence et la proportion de ces gaz.

Communication de M. DE PLACE sur **l'emploi de l'oxygène dans les premiers secours** à donner aux asphyxiés.

L'emploi de l'oxygène pur en inhalations est très utile dans les premiers secours à donner aux asphyxiés. Dans les postes de secours, à Paris, il existe des récipients à oxygène sous pression.

La Compagnie de l'oxygène à Paris a fourni à la Société de Rochebelle, des récipients portatifs de ce genre, contenant de l'oxygène sous 8 atmosphères de pression, mais on n'a pas encore eu occasion de s'en servir.

Tirage des coups de mines par l'électricité. — M. MURGUE expose des expériences qui ont été faites à Bessèges pour permettre de se rendre compte des effets de la simultanéité des explosions, au point de vue de la rapidité et de l'économie du travail.

Le tir à l'électricité a donné un avancement par 24 heures de 1,94 *m* au prix de 65,50 *f* par mètre, tandis que le tir à la mèche a donné 2,15 *m* d'avancement au prix de 57 *f* par mètre. Mais, à côté de cette infériorité, le tir à l'électricité présente certains avantages qui ne permettent pas de trancher définitivement la question au point de vue de la balance finale.

Communication de M. PECHINEY sur **la régénération des marcs de soude.**

On se préoccupe beaucoup aujourd'hui de la régénération des marcs de soude au point de vue de la récupération du soufre qu'ils contiennent. Dans le procédé Chance, l'hydrogène sulfuré, dégagé par l'insufflation d'acide carbonique dans les marcs de soude liquide, est enrichi par son passage sur du sulfure de sodium frais, puis envoyé sur des grilles à pyrites où il se transforme en acide sulfureux. Ce procédé exige une installation très coûteuse.

Dans le procédé Clos, on fait brûler l'hydrogène de l'acide sulfhydrique, et on recueille le soufre volatilisé avec la vapeur d'eau.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 4 janvier 1890.

Communication de M. Clermont sur **l'utilisation des forces hydrauliques** produites par les travaux d'alimentation en eau de la ville de Saint-Étienne.

On peut estimer que les eaux de pluie tombant dans le seul massif du Pilat et pouvant être amenées à Saint-Étienne, représentent une force de 30 000 chevaux.

La consommation d'eau à Saint-Étienne s'élève actuellement à 30 000 m^3 par jour, et une moyenne de 3 à 4 millions de mètres cubes sont rejetés tous les ans lors des grandes pluies. L'utilisation de ce volume permettrait de réaliser une puissance continue pendant 12 heures de 3270 chevaux.

Pour y arriver, on a projeté une distribution d'eau sous pression de 150 à 170 *m* d'eau pouvant actionner de petits moteurs. Ces moteurs pourront être des turbines dont on construit actuellement divers modèles pour les petites forces. Ces turbines sont à axe horizontal et coûtent de 150 à 500 *f* pour une force de 1/2 à 1 cheval.

On peut compter sur un prix de 1 000 *f* par cheval et par an, soit 0,30 à 0,35 *f* par jour. Le prix correspondant de la lampe électrique équivalant à 16 bougies serait de 27 *f* par an pour 3 à 4 heures par jour, alors que ce prix est actuellement à Saint-Étienne, soit par le gaz, soit par l'électricité, de 70 à 80 *f*.

La situation houillère à Saarbruck. — Dans la période du 1er avril 1888 au 31 mars 1889, la production des mines royales de Saarbruck a été de 6 344 900 *t*, dépassant de 344 614, soit 5,74 0/0 la production de l'année précédente. Les livraisons par chemins de fer ont, sur le total expédié, atteint le chiffre de 3 929 000 *t*, en augmentation de 6,58 0/0 sur l'année précédente, et eussent été plus fortes sans la pénurie de wagons. Il faut dire que sur la production indiquée ci-dessus, 1 1/2 millions de tonnes sont consommés par les mines elles-mêmes ou par les fours à coke.

Le développement de l'expédition par chemins de fer est dû, en partie du moins, aux modifications des tarifs de transport et à l'ouverture de nouvelles lignes plus directes. Ces modifications sont relatives aux transports vers l'Italie par le Gothard, vers la France, etc., et, à l'intérieur, vers le Wurtemberg.

Le transport par canaux a, par contre, diminué dans une proportion assez sensible, laquelle s'est produite sur la direction du canal du Rhin à la Marne. On l'attribue à la tendance à abandonner la voie d'eau pour les expéditions vers la France, tendance due à la hausse du fret amenée par l'obligation du passeport imposée depuis juillet 1888 aux bateliers français.

La production du coke est toujours en augmentation, et elle ne peut encore suffire à toutes les demandes, les besoins intérieurs de l'Alle-

magne l'absorbent presque toute entière, et c'est à ce fait qu'il faut attribuer l'énorme réduction de 69 0/0 sur les livraisons en France.

Cette situation s'arrête au 31 mars 1889. Elle s'est modifiée depuis par les grèves survenues dans le milieu de 1889, lesquelles ont amené une diminution assez importante de la production.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *1er Mars 1890.*

Pont de chemin de fer sur le Danube à Steinbach (Passau), par A. Rieppel.

Transmission des tensions dans les corps élastiques, par A. Ritter.

Disposition de sûreté pour les métiers à tisser, par E. Müller.

Inauguration du pont du Forth.

Groupe de Cologne. — Conditions générales pour la fourniture du matériel de mines et d'usines.

Groupe de Saxe. — Réunion de Zwickau. — État actuel de l'éclairage électrique des villes.

Association des chemins de fer. — Chemin de fer à voie étroite de Landquart à Davos. — Chaudières de locomotives sans armatures.

Patentes.

Bibliographie. — Aide-mémoire de l'Ingénieur, édité par la Société la « Hütte ».

Variétés. — École de construction de machines et d'usines de Neustadt (Mecklembourg). — Technicum de Hildburghausen, — Résistance du cuivre et de ses alliages. — Importation et exportation de machines pour l'Union douanière allemande pendant l'année 1888. — Statistique des opérations du bureau des patentes d'invention de l'empire d'Allemagne pendant l'année 1889.

N° 10. — *8 Mars 1890.*

Rapports entre la Géométrie, la Mécanique et la Cinématique, par F. Reuleaux.

Installation de brasserie avec cuisson à la vapeur du maïs et du houblon.

Disposition de sûreté pour les métiers à tisser, par E. Müller *(fin)*.

Table à dessiner perfectionnée, par H. Maihak.

Gustave-Adolphe Hirn.

Groupe de Hesse. — Constitution géologique du bassin de Cassel au point de vue hydrologique.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel des sciences de l'Ingénieur.

Correspondance. — Élévation de la pression dans les machines compound.

Variétés. — Frein électro-magnétique pour chemins de fer. — Colorations de l'acier. — Le pont sur la Manche. — Prix comparatifs de l'éclairage au gaz et de l'éclairage électrique en Angleterre.

N° 11. — *15 Mars 1890.*

Rapports entre la Géométrie, la Mécanique et la Cinématique, par F. Reuleaux *(fin)*.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Transmission des tensions dans les corps élastiques, par A. Ritter *(fin)*.

Calcul des engrenages hélicoïdaux pour leur application aux machines à fraiser universelles, par E. Holdinghausen.

Association des chemins de fer. — Le chemin de fer de Bosnie et son développement de 1879 à 1889.

Patentes.

Bibliographie. — Élasticité et résistance, par C. Bach.

Variétés. — L'étoile *Mizar* (une des étoiles de la Grande-Ourse). — Éléments des gaz.

N° 12. — *22 Mars 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Ascenseurs pour bateaux des Fontinettes et de la Louvière, par Ad. Ernst.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Travail des excavateurs à sec mus par la vapeur. — Cours d'eau dans les montagnes.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de physique générale, par R. Klimport. — L'École de chauffeurs, par E. Schlippe.

Variétés. — Planchers en fer. — Influence des courants électriques sur les boussoles. — Emploi du charbon de bois dans les hauts fourneaux. — Tramways électriques à Londres. — Propulseurs à hélice.

N° 13. — *29 Mars 1890.*

Législation des patentes d'invention, par le Dr H. Wedding.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, p
Salomon *(suite.)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Llo
l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R.
et C. Busley *(suite)*.

Expériences sur la résistance des feuilles de papier et d'étain
deux sens perpendiculaires, par H. Wehage.

Groupe du Rhin inférieur. — Renforcement des voies de chemi
fer. — Cheminées d'usines.

Patentes.

Bibliographie. — Introduction à la géométrie analytique, par le
Krumme. — La loi allemande sur les patentes d'invention et sa ré
par W. Weber.

Correspondance. — Changement de marche pour locomotives
pound.

Variétés. — Inauguration du pont du Forth. — Mesure de la
du vent au haut de la tour Eiffel. — Décisions juridiques relative
patentes d'invention.

Pour la Chronique et les Comptes ren

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 7136-4-90.

Feldspath triclinique.

ations vues en lumiere.
ière polarisée.

pside et Wollastonite.

Humboldtilithe.

Diopside Cristaux.

Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1890

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril 1890 :

1° *Résistance des matériaux. Essai de méthode élémentaire commune aux ponts rigides et aux ponts articulés*, par M. N. de Tédesco ; lettre de M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 11 avril, page 354).

2° *Tirage forcé*, par M. M. Demoulin, lettre de M. J. Pillet (Séance du 11 avril, page 355).

3° *Erratum* au procès-verbal du 21 mars (Séance du 11 avril, page 355).

4° *Décès* de MM. D. Bandérali, J. Marland, E. Péligot, L. Courras, Ph. Imbach et E. Plainemaison (Séances des 11 et 25 avril, pages 355 et 370).

5° *Décorations* (Séances du 11 avril, page 355).

6° *Congrès des Sociétés savantes (Délégués de la Société au)* (Séances des 11 et 25 avril, pages 356 et 372).

7° *Dons* de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séances des 11 et 25 avril, pages 356 et 357).

8° *Nouveaux membres (Recrutement des)* (Séance du 11 avril, page 356).

9° *Réception des Ingénieurs étrangers* (Lettres de remerciements) (Séance du 11 avril, pages 356 et 357).

10° *Nomination* de MM. V. Contamin et G. Eiffel comme membres honoraires de la Société Impériale Polytechnique de Russie (Séance du 11 avril, page 357).

11° *La Science des comptes mise à la portée de tous*, traité de comptabilité domestique, commerciale, industrielle, financière et agricole (Don de l'ouvrage de M. Léautey sur) (Séance du 11 avril, page 358).

12° *Pont à arches surbaissées en béton aggloméré*, par M. E. Coignet (Séance du 11 avril, page 358).

13° *Calcul graphique et mécanique*, par M. R. Arnoux, et lettre de M. de Gennes (Séances des 11 et 25 avril, pages 361 et 373).

14° *Membre correspondant (Lettre d'acceptation de)* (Séance du 25 avril, page 373).

15° *Estuaire de la Seine*, lettre de M. J. de Coëne (Séance du 25 avril, page 373).

16° *Legs* Adolphe Meyer (Séance du 25 avril, page 373).

17° *Éclairage électrique actuel dans différents pays. Comparaison de son prix de revient avec celui du gaz* (Note de M. Couture sur *(L')*, analyse par M. G. Cerbelaud (Séance du 25 avril, page 373).

18° *Traités de commerce et leur renouvellement*, par M. Émile Bert (Discussion sur les), par MM. J. Fleury, Cornuault, Euverte et Gassaud (Séance du 25 avril, page 374).

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

31524 — De M. W. Jackson. *Twenty-Tird Annual Report of the City Engineer for the year 1889.* In-8° de 126 p. Boston, Rockwell et Churchill, 1890.

31525 — De la *Société académique d'architecture de Lyon. Programme du Concours publié pour l'année 1890.* Grand in-8° de 12 p. Lyon, Mougin-Rusand, 1890.

31526 — *Série des prix applicables aux travaux du bâtiment exécutés pour le compte des particuliers dans la ville de Paris.* Grand in-4° de 1226 p. Paris, Chaix, 1890, 4e édition.

31527 — De la *Chambre de commerce de Saint-Etienne. Réponse au questionnaire du Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie.* Grand in-8° de 80 p. Saint-Étienne, Théolier, 1890.

31528 — Du Smithsonian Institute. *Seventh Annual Report United States Geological Survey to the Secretary of the Interior.* Grand in-8° de 656 p., 1885-1886. Washington, Government Printing Office, 1888.

31529 — De M. B. Merzbach. *Les Sociétés minières.* In-8° de 143 p. Paris, Meyer et Cie, 1890 (2 exempl.).

31530 — De M. Ch. Chancerel (M. de la S.). *Oïdapa Grammaire française oïdapique.* In-8° de 96 p. autog. Paris, Raimon et Roudhloff, 1880.

31531 — De M. E. Lemoine. *De la mesure de la simplicité dans les sciences mathématiques.* In-8° de 20 p. Paris, Chaix, 1888.

31532 — Du même. *De la mesure de la simplicité dans les constructions mécaniques.* In-8° de 9 p. Gand, Ad. Hoste, 1888.

31533 — De MM. R. Jefferds. *The Goodfellow and Cushman light weight high Capacity Tubular frame freight Cars.* In-8° de 36 p. Middlesbrough, 1890.

31534 — Du Comité central des houillères de France. *La mobilisation et les houillères*, par H. Couriot. Grand in-8° de 28 p. Paris, Ch. Leroy, 1890.

31535 — De M. Firmin Leclerc. *Almanach-annuaire de l'électricité et de l'électrochimie*, In-12 de 267 p. Paris, Firmin Leclerc, 1890.

31536 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Table des matières contenues dans les publications de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers, 1846 à 1888.* In-8° de 109 p. Paris, Chaix, 1888.

31537 — De M. S. Pichault (M. de la S.). *Nouveau système de ponts et charpentes métalliques.* In-8° de 32 p. avec pl. Liége, A. Desoer, 1887.

31538 et 31539 — Du même. *Dianomégraphe. Appareils de distribution par tiroirs.* Texte in-8° de 400 p. et atlas in-8° ital. de 75 pl. Paris, E. Bernard, 1886.

31540 — De M. Dwelshauvers-Dery (M. de la S.). *Les machines à vapeur et leurs progrès.* (Revue des sciences pures et appliquées), in-4° de 8 p. Paris, O. Doin, 1890.

31541 — De M. Ch. Walrand (M. de la S.). *Production économique du gaz à l'eau pour le chauffage des appareils de la métallurgie et de la verrerie.* In-12 de 8 p. avec pl. Saint-Dizier, Henriot et Godard, 1890.

31542 — De M. C. Bouscaren (M. de la S.). *General Specification of Railway Bridges and Viaducts of Iron and Steel.* In-8° de 8 p. Cincinnati, 1890.

31543 à 31546 — De M. Lecœuvre (M. de la S.). *Exposition universelle de 1878. Galerie des machines. Supports de la transmission.* 4 dessins autog. Paris, Broise et Courtier, 1878.

31547 — De la Secretaria de Fomento. *Boletin de la Exposicion Mexicana en la Internacional de Paris.* 20 br. in-8°. Mexico, 1888.

31548 — De M. L. Vojacek (M. de la S.). *Méthode et appareils de chauffage par fumée perdue.* 1 notice manus. et 7 dessins autog.

31549 — Du même. *Dessin d'une lampe électrique différentielle.*

31550 — De M. Bazaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite. *Accident du 8 mai 1842. Considérations techniques*, par J. Petiet. In-4° de 106 p. avec annexes. Paris, L. Mathias, 1842.

31551 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders de Venlo n° 3.*

31552 — *Le Panthéon des exposants français. Exposition universelle de 1889.* In-8° de 621 p. Paris, E. Dentu, 1890.

31553 — De M. F. Moreaux. *Études diverses concernant la navigation sur le Rhône, en mer et dans les canaux.* In-f° autog. de 71 p. avec pl. Paris, Baudry, 1890.

31554 — De M. Ch. Ledoux. *L'organisation du travail dans les mines, et particulièrement dans les houillères, tant en France qu'à l'étranger.* Grand in-8° de 64 p. Paris, Chaix, 1890.

31555 — Du *Chemin de fer Grand Central Belge. Direction de la Traction et du Matériel. Compte rendu de l'exercice 1889.* In-4° de 58 p. Bruxelles, 1890.

31556 — De M. R. Doux (M. de la S.). *La question des chemins de fer d'intérêt local en France.* In-8° de 24 p. Paris, J. Michelet, 1890.

31557 — Du Government of Bengal. *Revenue Report of the Public Works Department Irrigation Branch Bengal for the year 1888-1889.* In-4° de 81 p. Calcutta, 1890.

31558 — Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Instructions du Comité des Travaux historiques et scientifiques. Littérature latine et histoire du moyen âge*, par L. Delisle. In-8° de 116 p. Paris, E. Leroux.

31559 — De M. H. Mathieu (M. de la S.). *Eugène Flachat, 1851-1853.* In-4° manuscrit de 33 p. Paris, 1873.

31560 — De M. H. Farjas. *Les inventions nouvelles.* 19 fascicules formant les deux premières années 1888 et 1889. Paris, Alcan-Lévy.

31561 — De M. E. Léautey. *La Science des comptes mise à la portée de tous*, par MM. E. Léautey et A. Guilbault. Grand in-8° de 486 p. Paris, Librairie comptable et administrative, 1890, 4e édition.

31562 — De M. Brard (M. de la S.). *Compañia de los Ferro-Carriles Andaluces-Minas de Belmez y Espiel. Memoria para la Exposicion universal de Barcelona.* (In-4 de 16 pages.) Malaga, 1888.

31563 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Détermination et emploi des lignes d'influence des tensions élastiques dans les arcs pleins et les arcs réticulaires articulés aux naissances.* (In-8 de 21 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

31564 — De M. A. Gibon (M. de la S.). *Les accidents du travail et l'industrie.* (In-4 de 230 pages.) Paris, Guillaumin et Cie, 1890.

31565 — De M. Flavien (M. de la S.). *L'Industrie textile*, années 1886, 1887, 1888 et 1889. Paris, Quantin.

31566 — De M. F. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). *Matériel et procédés de l'Exploitation des mines à l'Exposition universelle de 1889.* (Grand in-8 de 110 pages avec atlas de 48 planches.) Paris, Bernard et Cie, 1890.

31567 — De M. R. Gentilini (M. de la S.). *Les manufactures de glaces de la Société anonyme des manufactures de glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny, et Cirey à l'Exposition universelle de 1889.* (In-8 de 31 pages avec pl.) Paris, *Génie civil*, 1890.

31568 — Du même. *Les manufactures de produits chimiques de la Société anonyme des manufactures de glaces et produits chimiques de*

Saint-Gobain, Chauny et Cirey à l'Exposition universelle de 1889. (In-8 de 31 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

31569 — Du même. *Notice sur la Société générale des téléphones.* (Grand in-8 de 28 pages.) Paris, *Génie civil*, 1890.

31570 — De M. Em. Thomas (M. de la S.). *Ponts à tubes de fer ou d'acier démontables et transformables en piles (Notice sur des).* (Grand in-8 de 9 pages avec planches.) Fourmies, V. Rachy, 1889.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS.

2052 — De MM. Lencauchez et Durant (M. de la S.). *La production et l'emploi de la vapeur considérée comme force motrice principalement dans les locomotives.*

2053 — De M. Appert (M. de la S.). *Les défauts du verre et les moyens d'y remédier.*

2055 — De M. Coiseau (M. de la S.). *Le Pont du Forth.*

2056 — De M. Perreau (M. de la S.). *Notice sur les effets hygiéniques d'une ventilation d'atelier de tissage.*

2057 — De M. Bertrand de Fontviolant (M. de la S.). *Perfectionnement des méthodes graphiques de calcul des arcs métalliques.*

2058 — De M. E. Decazes (M. de la S.). *Note sur la répartition des efforts dans les poutres chargées.*

2059 — De M. E. Coignet (M. de la S.). *Projet de pont à arches surbaissées, en béton aggloméré.*

2060 — De M. V. Contamin (M. de la S.). *Discours prononcé aux obsèques de M. Bandérali.*

2061 — De M. Aug. Moreau (M. de la S.). Traduction d'un ouvrage de M. Ad. de Ibaretta (M. de la S.) sur *Les avantages de la voie étroite.*

2062 — De M. Delaurier. *Système général de moteur dit moulin universel horizontal.*

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril sont :

Comme membres sociétaires :

MM. Dufraisse,	présenté par MM.	Durupt, Dulau et Buchetti.
Mamy,	—	Périssé, de Nansouty et Simon.
Nivel,	—	Cluysenaer, Ruhle von Lilienstern Ter Meulen et Post.
Spiral,	—	Polonceau, Durant et de Fontenay.
Stremsdoerfer,	—	Rey, E. Vallot et H. Vallot,
Zaba,	—	Gruner, Douillet et Costey.

Comme membres associés :

MM. Cognier,	présenté par MM.	E. Bert, Bertrand de Fontviolant et H. Vallot.
Prové,	—	Carimantrand, Lévy et Mallet.
Savalle,	—	Charton, Contamin et Eiffel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1890

Séance du 11 avril 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. Bertrand de Fontviolant, à propos du procès-verbal de la précédente séance :

Paris, le 11 avril 1890.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Dans le résumé de la communication de M. de Tédesco, inséré au procès-verbal de la dernière séance, il est dit que « *la recherche des formules relatives aux déformations des poutres articulées n'est faite dans aucun traité, au moins dans les cas complexes* ».

Cette affirmation n'est pas exacte.

La question dont il s'agit a été traitée, avec tous les développements qu'elle comporte, par M. Maurice Lévy, dans son grand ouvrage sur la Statique graphique (IV^e^ partie, page 117 et suivantes). Ce savant y a donné des formules d'une entière généralité qui conviennent à tous les cas, mêmes les plus complexes.

Ces formules renferment, comme cas particulier, celles relatives aux poutres droites Warren, qui font l'objet de la communication de M. de Tédesco.

D'autre part, dans un Mémoire sur les déformations élastiques, qui a eu l'honneur d'être publié dans le Bulletin de notre Société, sont données d'autres formules générales exprimant les déplacements élastiques des constructions composées de barres droites ou courbes, assemblées ou articulées entre elles (Bulletin d'août 1888). Dans ce même Mémoire (Bulletin de mars 1889, page 572), est exposée une méthode graphique de détermination des déplacements des systèmes articulés formés de barres rectilignes.

Enfin, l'accord signalé dans la communication de M. de Tédesco, entre les formules relatives aux pièces pleines et celles relatives aux poutres articulées, a déjà été établi dans le Traité de M. Maurice Lévy

(IVe partie, page 141), non seulement pour les poutres droites, mais encore pour le poutres courbes.

Ces indications sommaires suffisent à montrer que, loin d'avoir été négligée, la théorie de l'élasticité des poutres articulées est aujourd'hui tout aussi avancée que celle des poutres pleines. Elle a même pris place, depuis plusieurs années, dans l'enseignement de la mécanique à l'École centrale.

Veuillez agréer...

M. DE TÉDESCO tient à déclarer qu'il n'a pas eu connaissance des mémoires qui ont traité cette question qu'il a étudiée de son côté.

M. LE PRÉSIDENT ne pouvait pas laisser sans réponse l'assertion de M. Tédesco, auquel il renouvelle les remerciements de la Société pour le soin avec lequel il a étudié une question dont l'importance avait frappé déjà plusieurs ingénieurs et savants de grand mérite.

M. LE PRÉSIDENT donne également, à propos du procès-verbal de la précédente séance, lecture d'une lettre de M. J. Pillet, ingénieur des Arts et Manufactures, qui exprime la pensée que les accidents signalés par M. Demoulin à la plaque de tête du faisceau tubulaire des torpilleurs peuvent être attribués, au moins partiellement, à la présence, au milieu de la vapeur, de l'huile minérale employée pour le graissage des machines et concentrée dans l'eau de condensation.

M. LE PRÉSIDENT signale dans le procès-verbal de la séance du 21 mars, un *erratum*, page 121, cinquième ligne : au lieu de figure 2 et 3, lire figure 3 et 4.

De même, dans le Bulletin de mars 1890, à la page 257, au premier paragraphe Décès, lire Barrouin au lieu de Bonnin.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux membres de la Société.

L'un d'eux, M. D. BANDÉRALI, jeune encore, quoiqu'il fût membre de la Société depuis 1863, avait su conquérir la sympathie et l'amitié de tous ses collègues par son extrême affabilité et par l'empressement avec lequel il se mettait au service de tous ceux qui recouraient à lui.

M. Bandérali n'était pas seulement bienveillant et affectueux; il était, en même temps, l'un des ingénieurs les plus distingués de nos grandes Compagnies de chemins de fer, et M. le Président a pensé être l'interprète de la Société en allant sur sa tombe joindre l'expression des regrets de la Société à celle des éminents représentants de la Compagnie du Nord. Son discours sera publié dans le Bulletin.

L'autre collègue que nous venons de perdre a été l'un des vétérans de la métallurgie dans le centre de la France. M. J. Marland, notre collègue depuis vingt-quatre ans, est décédé à Aubenas, à l'âge de soixante-douze ans. Il avait quitté la vie active depuis quelques années, mais il avait eu, dans son temps, une grande réputation comme constructeur de forges. Plusieurs ateliers de nos grandes forges ont été créés et outillés par lui. M. Marland laisse derrière lui des regrets très vifs, et la Société tient à exprimer à son frère et à sa sœur la part qu'elle prend à leur douleur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations suivantes, accordées à plusieurs de nos collègues : M. Doat, comme commandeur

de l'ordre du Christ du Portugal, et M. H. de Baère comme chevalier de l'ordre de la Conception de Villa Viçosa.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité, en réponse à la demande de M. le Ministre de l'Instruction publique, a délégué, pour représenter la Société au Congrès des Sociétés savantes, MM. S. Périssé et E. Gruner. M. Gruner présentera un exposé de la situation actuelle des lois sociales en Allemagne et de leurs résultats.

M. LE PRÉSIDENT exprime le désir que d'autres de nos collègues puissent se joindre à cette délégation pour y traiter quelque autre question.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que plusieurs collègues continuent à abandonner leurs titres de l'emprunt de 75 000 *f;* ce sont MM. Gabriel Boutmy (2 bons), Auguste Lemoine (2 bons), et Gaune (1 bon).

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer qu'il n'y a aujourd'hui qu'une seule demande d'admission pour combler les vides cruels que la mort fait au sein de la Société. Il serait donc à désirer que chacun se préoccupe de lui amener de nouveaux adhérents, d'y faire entrer le plus grand nombre possible des Ingénieurs distingués qui se tiennent encore à l'écart et pourraient trouver un certain profit à participer à nos travaux.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la Société a envoyé à tous les Ingénieurs étrangers qu'elle a eu l'honneur et le plaisir de recevoir l'année passée, le compte rendu de la réception qui leur avait été faite.

Plusieurs des Présidents de ces Sociétés ont déjà adressé à la Société des lettres de remerciement pleines de cordialité, insistant sur l'estime qu'ils ont pour notre Société.

Il y a peu de semaines, M. le Président avait le plaisir de porter à la connaissance de la Société les témoignages d'affection que lui avaient donnés les Ingénieurs espagnols; il est heureux aujourd'hui d'apporter à la séance un témoignage aussi touchant, aussi cordial, de la part des Ingénieurs russes. Il y a quelques jours, ils nous adressaient la dépêche suivante :

« Les Membres de la Société Impériale Polytechnique de Russie, réunis en première séance générale, remercient la Société des Ingénieurs civils de leur réception fraternelle de l'été passé et se font un honneur d'élire à l'unanimité le président Contamin et l'ancien président Eiffel au nombre de ses membres honoraires.

» *Le Secrétaire*, » SREZNEVSKY. » *Le vice-président*, » GHERCEVANOFF. »

Cette dépêche a été suivie d'une lettre conçue en ces termes :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Avant-hier, le 10/22 mars, avait lieu la première assemblée générale des membres de la Société Impériale Polytechnique de Russie pour l'année académique courante, 1889-90, et ce n'est que ce jour-là que j'ai pu faire ma conférence sur la réception splendide et cordiale qui nous a été offerte par nos collègues français. Je me suis permis de retracer en quelques paroles la gloire de ces deux hommes éminents, dont les œu-

vres ont fait le succès de l'Exposition et qui se trouvent à la tête des Ingénieurs civils français.

Notre Assemblée générale, désirant rendre hommage aux mérites et talents de ces deux Ingénieurs français, ainsi qu'à leur qualité de Président actuel et ancien d'une Société fraternelle et profondément sympathique, a proclamé, séance tenante et à l'unanimité des voix, MM. Victor Contamin et Gustave Eiffel membres honoraires de la Société Impériale Polytechnique de Russie.

Je me trouve très heureux d'avoir été l'initiateur de ce vote mérité, dans lequel je vois un nouveau lien entre deux nations déjà foncièrement amies, d'autant plus que ce lien est noué par le génie civil.

La même Assemblée a voté par acclamation sa reconnaissance profonde à MM. les Membres de la Société des Ingénieurs civils, ainsi qu'à l'Agent général de la Société M. A. de Dax, pour la peine qu'ils se sont donnée pour nous faire voir les merveilles de l'Exposition de Paris.

Veuillez bien, Monsieur le Président, agréer l'assurance de ma haute considération et de mon estime profonde.

Signé : Herzeinstein.

M. le Président annonce que M. Eiffel et lui ont répondu tous deux, en leur nom personnel, à M. Herzeinstein pour le charger de transmettre à la Société Impériale Polytechnique de Russie leurs vifs remerciements pour l'honneur qui a été fait à notre Société par cette double nomination de Membres honoraires. Mais il a tenu à donner lecture publique de cette lettre pour pouvoir transmettre à la Société Impériale Polytechnique les remerciements de notre Société tout entière et lui dire le plaisir que chacun de nous a ressenti en entendant exprimer des sentiments aussi affectueux pour notre Société et si bienveillants pour notre pays. (*Applaudissements.*)

M. Aug. Moreau propose alors de nommer membres honoraires M. le Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie ainsi que M. Herszeinstein, en rappelant toutefois que cette proposition doit être examinée d'abord par le Comité. (*Approbation générale.*)

M. le Président regrette que le règlement ne lui permette pas d'accueillir séance tenante la proposition qui vient d'être formulée. Mais il est heureux d'assurer que le Comité s'est considéré comme saisi de cette question et présentera à l'une des prochaines séances une proposition donnant satisfaction au désir d'envoyer à nos collègues russes un souvenir aussi cordial que possible.

M. le Président dépose sur le bureau une série de lettres de remerciements de Sociétés étrangères qui toutes rappellent avec une chaleureuse reconnaissance l'accueil qui leur a été fait. Ce sont: l'Iron and Steel Institute, les Mechanical Engineers de Londres, les Ingénieurs du Hainaut, de Louvain, de Gand, de Bruxelles, l'Institut Royal Néerlandais, et les Ingénieurs de Barcelone. Il applaudit aux résultats heureux qu'on peut attendre des relations nouées par les Ingénieurs français avec les Ingénieurs étrangers pendant l'année écoulée.

Il donne communication enfin de la liste des nombreux ouvrages reçus

depuis la précédente séance, et signale en particulier un ouvrage de M. Léautey, dont la lettre suivante indique fort bien l'objet et le but, et qui répond à un des désirs qu'exprimait M. E. Polonceau dans la séance du 7 février dernier :

« Monsieur le Président,

» J'ai eu l'honneur d'offrir à votre Bibliothèque un exemplaire de mon livre intitulé : *l'Enseignement commercial et les Écoles de commerce, en France et dans le monde entier*, qui a obtenu une médaille d'or à l'Exposition de 1889.

» Frappé, au cours de l'enquête qu'a nécessitée ce livre, de l'état d'empirisme dans lequel est resté l'enseignement commercial, à une époque de concurrence nationale et internationale comme la nôtre, je me suis mis de nouveau à l'œuvre, avec la collaboration de M. A. Guilbault, ancien Inspecteur des Forges et Chantiers de la Méditerranée, et nous avons publié à la Librairie Comptable, 5, rue Geoffroy-Marie, Paris, un livre intitulé : *la Science des comptes mise à la portée de tous, traité de Comptabilité domestique, commerciale, industrielle, financière et agricole*, dans lequel nous nous sommes efforcés d'élever la comptabilité à la hauteur d'une science exacte, afin, notamment, qu'elle pût être comprise dans le programme des Ecoles d'arts et métiers et des Écoles d'ingénieurs. Je suis heureux d'en offrir un exemplaire à la Société.

» Outre les règles d'ordre comptable, cet ouvrage expose : 1° les moyens de déterminer les prix de revient exacts des marchandises ou matières quelconques échangées, transformées ou produites ; 2° d'organiser le contrôle rigoureux des existants en caisse, en portefeuille, en magasin, en ateliers, en chantiers ou en greniers ; 3° d'établir la situation effective des valeurs mouvementées et conséquemment la *permanence* de leur inventaire dans les comptes ; 4° de renseigner les entreprises d'une manière *constante* sur les résultats de leurs opérations ; 5° enfin, d'obtenir un bilan clair, exact et rationnel de leur actif et de leur passif par une bonne classification des comptes.

» Veuillez agréer... »

M. le Président donne la parole à M. Edmond Coignet pour sa communication sur un *Pont à arches surbaissées en béton aggloméré*.

M. Edmond Coignet rappelle que, le 11 mars 1889, le Département de la Seine mit au concours la construction d'un pont à établir sur la Seine, entre Ivry et Charenton. Les conditions du programme prévoyaient un pont à trois arches, de 165 *m* d'ouverture, ayant une largeur de 12 *m*, et ne présentant aucune déclivité de plus de 15 *mm* dans la longueur de l'ouvrage ; la hauteur libre, au-dessus du plan horizontal de la cote 30,40 *m*, devait être de 6 *m* sous l'arche centrale et 5,25 *m* sous les autres arches.

Les pressions maxima à la base des piles ne devaient pas dépasser 6 *kg* par centimètre carré.

Le pont devait supporter quatre conduites d'eau de 85 *cm* de diamètre.

C'est ce programme que M. Coignet s'est proposé de remplir en construisant un pont à trois arches en béton aggloméré.

M. Coignet étudie tout d'abord les conditions dans lesquelles se trou-

vent les principaux travaux exécutés par François Coignet, et rappelle la faveur qu'accordait Belgrand à ce type de construction. Il remarque que les ponts supports du Loing et de l'Yonne, avec leurs arches biaises de 30 et 40 *m*, sont encore intacts, et pourtant l'arche biaise de Pont-sur-Yonne n'a que 1,10 *m* d'épaisseur à la clef, avec un surbaissement de 1/7 environ.

Il discute les accidents qui se sont produits à certaines arcades de la forêt de Fontainebleau, pour l'aqueduc de la Vanne : il montre que les ruptures longitudinales sont dues à l'échauffement de la calotte, en été, alors que la cuvette était maintenue à température constante par le courant d'eau (11 à 13° centigrades), et qu'il a suffi de combattre cet échauffement par un garnissage en terre de la calotte pour éviter la reproduction de l'accident, et que les ruptures transversales sont dues au refroidissement, en hiver, du radier, alors que les parois étaient échauffées par l'eau.

L'homogénéité de la masse, quand il s'agit de construction présentant une grande longueur, a donc pour conséquence nécessaire des fissures, si des mesures ne sont pas prises pour éviter les variations irrégulières de température des différentes parties, et cela quelle que soit la nature de la maçonnerie; mais l'exemple de la grande arche de Pont-sur-Yonne, qui s'est rompue à la clef, lors d'un grand hiver, et dont chaque hiver les deux demi-arches se tiennent en encorbellement, montre que dans ce mode de construction la résistance à l'arrachement de la maçonnerie intervient pour offrir un coefficient considérable de sécurité.

M. Coignet croit donc pouvoir affirmer que les ouvrages en béton aggloméré existants aujourd'hui démontrent que son emploi dans des travaux considérables est entièrement justifié; il ajoute que dans le cas particulier du pont de Conflans, la nature des matériaux, sable dragué en Seine, chaux de Beffes ou du Seilly, ciment de Portland, de Boulogne ou de Frangey, que l'on obtient facilement, donne toute garantie.

Il signale comme une nouvelle et puissante cause de sécurité les perfectionnements réalisés depuis quelques années dans les appareils servant à la préparation mécanique de la pâte et qui fractionnent les opérations, malaxage à sec du sable avec les chaux et ciments, mouillage continu, malaxage de la pâte humide.

Après cet aperçu des garanties que présente à ses yeux un pareil travail, M. Coignet décrit en détail le profil adopté et passe successivement en revue le profil en long, le profil en travers, les détails des piles et des culées, ainsi que l'ornementation proposée en vue de cacher à la vue les quatre tuyaux de conduite d'eau dont la place devait être réservée à l'extérieur du pont.

Il montre qu'il a calculé avec grand soin tous les éléments du projet, et, à cette occasion, il entre dans quelques développements sur la méthode de calcul qu'il a employée et qui est celle de M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Elle s'applique aux voûtes en maçonnerie à arches surbaissées en les considérant comme des poutres continues et en cherchant à leur donner la forme d'égale résistance pour une surcharge déterminée. Cette méthode de calcul a été exposée dans ses détails, par

M. Tourtay, dans la *Revue générale d'Architecture et Travaux publics* de César Daly, en 1886 (43e volume).

M. Coignet décrit ensuite certains détails du projet : dimensions et mode de construction des caissons; tracé et calcul des cintres, dont la disposition rationnelle devait à la fois donner un passage satisfaisant à la navigation, une grande sécurité et de notables économies.

La composition des matériaux employés aurait été :

Béton aggloméré N° 0. R = 225 à 275 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux hydraulique	300 *kg*
	Ciment Portland	300 *kg*
Béton aggloméré N° 1. R = 150 à 175 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux hydraulique	250 *kg*
	Ciment Portland	100 *kg*
Béton aggloméré N° 2. = 80 à 100 *kg* par centimètre carré.	Sable	1 m^3
	Chaux	125 *kg*
	Ciment	50 *kg*
Béton de cailloux.	Cailloux	0,800 m^3
	Sable	0,500 m^3
	Ciment	150 *kg*
Béton de mâchefer	Mâchefer	1 m^3
	Sable	0,500 m^3
	Chaux	150 *kg*

Les résistances indiquées sont celles obtenues au bout de trois mois.

La construction aurait nécessité l'emploi de :

Béton aggloméré N° 0	3 816 m^3	à	50,00 *f*
» » N° 1	748 m^3	à	37,50 *f*
» » N° 2	6 479 m^3	à	25,00 *f*
Béton de cailloux	392 m^3	à	31,24 *f*
Béton de mâchefer	687 m^3	à	18,75 *f*
TOTAL ÉGAL	12 112 m^3		

M. Coignet aurait entrepris ce travail pour le prix à forfait de 925 000 *f*, tandis que le projet adopté (pont métallique de la Société des Ponts et Travaux en fer) a pour base le prix de 829 000 *f*.

Le prix de base arrêté par l'administration avait été de 850 000 *f*.

M. Coignet fait remarquer que la Société des Ponts en fer a pu, au printemps 1889, faire ce bas prix, mais qu'elle estime elle-même que la hausse des fers l'obligerait actuellement à majorer son prix d'au moins 70 000 *f*.

L'écart serait donc réduit à environ 25 000 *f*.

Analysant les éléments constitutifs de cette différence, M. Coignet montre que l'exagération de son prix est dû aux fondations, pour lesquelles il a dû adopter une surface d'appui et, par suite, un cube de matériaux et des dimensions de caissons beaucoup plus considérables.

Il croit donc pouvoir affirmer que la différence serait en faveur du pont en béton aggloméré pour le cas d'une construction sur fond solide.

M. Coignet ajoute que, s'il eût été mis à même d'exécuter ce travail,

il eût construit un ouvrage nouveau par sa hardiesse. M. Séjourné a exécuté une arche en maçonnerie de 61 *m*, avec flèche de 20 *m*, — c'est le travail le plus remarquable exécuté jusqu'à ce jour en maçonnerie, — mais le pont de Conflans n'aurait eu que 6,53 *m* de flèche pour 58 *m* d'ouverture. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Coignet pour sa très importante communication. C'est avec un très vif intérêt que la Société a écouté l'exposé de ce projet hardi que la grande compétence de M. Coignet avait fait prendre en très sérieuse considération. Il regrette que des nécessités financières aient fait écarter ce projet dont il eût été intéressant de suivre l'exécution.

M. Forest fait observer qu'il ne voit pas apparaître, dans l'exposé qui vient d'être fait de cette méthode, l'influence des surcharges accidentelles irrégulièrement réparties, qui, suivant les hypothèses, peuvent modifier très notablement les courbes d'équilibre.

Pour des arches de 40 *m* de portée, servant exclusivement au roulage ordinaire, cette influence, il est vrai, se trouve notablement atténuée ; mais il n'en est plus de même pour des ouvrages de moindre importance donnant passage à des voies ferrées.

Dans ce cas, les courbes peuvent osciller dans une surface suffisamment appréciable pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte.

M. Coignet répond que la méthode ne prévoit pas ce cas plus complexe.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Arnoux pour sa communication sur *le Calcul graphique et mécanique.*

M. R. Arnoux se propose de passer en revue les procédés et les appareils qui s'appliquent plus particulièrement à l'art de l'Ingénieur; il s'arrêtera spécialement à ceux qui sont peu connus et susceptibles néanmoins de quelque intérêt.

Il distingue les machines à calculer en deux classes : celles qui ne peuvent servir qu'à additionner et soustraire; celles qui permettent de multiplier et diviser.

Il ne croit pas devoir s'arrêter aux machines de la première classe, qui ne présentent que peu d'intérêt théorique, et passe de suite aux machines de la deuxième classe, parmi lesquelles il cite la règle à calcul, l'abaque logarithmique de M. Lalanne, l'arithmomètre de Thomas de Colmar et enfin les machines à intégrer et différentier, comme le cône ou plateau à roulette, le planimètre du professeur Amsler-Lafon et l'ingénieux intégraphe de M. Abdank.

La *règle à calcul* est si connue et utilisée d'une façon si générale, que M. Arnoux ne croit nécessaire d'en présenter ni la description ni la théorie.

L'*abaque logarithmique*, inventé en 1843 par M. L. Lalanne, alors Ingénieur, depuis lors Inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre de l'Institut et sénateur, est un tableau graphique uniquement composé de lignes droites convenablement disposées; il est fondé sur le principe de la graduation des coordonnées. Cette graduation est faite proportionnellement aux logarithmes des variables. La question la plus

simple consiste à trouver le produit z ou le quotient z' de deux nombres x et y; il faut pour cela résoudre les équations $xy = z$, $\frac{y}{x} = z'$. Tandis que la solution graphique directe de la question nécessite le tracé toujours incertain d'hyperboles équilatères, la solution proposée par M. Lalanne, basée sur la propriété des logarithmes, est obtenue avec précision puisqu'il s'agit de lignes droites. Le produit ou le quotient de deux variables se lit à première vue en cherchant le point d'entre-croisement de deux droites rectangulaires; l'abaque permet également de trouver le carré, le cube, la n^e puissance d'un nombre, ou encore d'en extraire la racine carrée, cubique, n^e, etc., et cela par une simple lecture. Il donne tout aussi rapidement le produit des carrés, des cubes, etc., par un paramètre constant, c'est-à-dire les surfaces ou les volumes des cercles et sphères, etc.

Des abaques spéciaux ont été calculés en vue d'applications diverses, calcul du mouvement des terres, des conducteurs électriques, etc.

M. Lalanne a même étendu ce principe à la résolution d'équations de degré supérieur, et a tracé des abaques destinés à donner les solutions des équations numériques jusqu'au 8e degré.

Les *machines à intégrer et à différentier* résolvent un problème plus complexe encore.

Le cône ou plateau à roulette, dont quelques auteurs attribuent l'idée première à Huygens, est le plus ancien dispositif permettant de résoudre ce problème. Il se compose, comme on sait, d'une roulette pouvant se déplacer suivant la génératrice d'un cône ou d'un plateau, de façon que son axe reste constamment parallèle à cette génératrice. Si on fait tourner le plateau, celui-ci communique à la roulette ou galet une vitesse angulaire qui varie en raison composée de celle du plateau et de la distance de son point de contact au centre, raison qu'il est facile de déterminer, si on admet que le galet *roule sans glisser*. Pour cela, il suffit d'exprimer que les deux points en contact ont la même vitesse de déplacement ou, ce qui revient au même, que les arcs élémentaires développés par la roulette et le plateau à la hauteur du point de contact sont égaux. Si donc, on désigne par y le rayon du point de contact du plateau, par $d\alpha$ l'angle dont il tourne, par r le rayon de la roulette et $d\alpha'$ l'angle décrit dans le même temps par celle-ci, on a constamment :

$$y\,d\alpha = r\,d\alpha' \qquad (1)$$

Si maintenant on intègre cette équation en remarquant que r est une constante, il vient :

$$\int y\,d\alpha = r\,\alpha'. \qquad (2)$$

Ainsi, on voit que l'intégrale précédente sera *mesurée* par le chemin décrit par un point situé à la périphérie de la roulette et sera proportionnel au nombre de tours effectués par celle-ci.

Mais cette relation très simple suppose qu'il y a *roulement sans glissement*. Or, il est facile de voir qu'il ne peut en être ainsi dans la pratique. Si on observe, en effet, que le plateau est un cône droit dont l'angle d'ouverture est de 180°, et que la roulette, dont l'axe est parallèle au

plan du plateau, constitue un cylindre d'une hauteur, très petite il est vrai, mais non pas nulle, et qui, par conséquent, ne peut toucher *physiquement* le plateau que suivant une zone d'une étendue finie, on voit immédiatement qu'il n'y a qu'une tranche infiniment mince du cylindre-galet qui roule réellement sur le plan du plateau. Toutes les autres tranches glissent, et cela d'autant plus qu'elles sont plus éloignées du cercle de roulement. Les glissements en sens opposés tendent à faire pivoter la roulette, mais ont surtout pour effet pernicieux de diminuer son adhérence. Dès lors, si faible que soit l'effort opposé par les rouages du compteur au mouvement de la roulette, cet effort agissant constamment pendant que ces glissements se produisent, a pour effet immédiat de retarder son mouvement.

Pour éviter ces glissements, il n'y a qu'un moyen, c'est de faire en sorte que l'axe du galet passe constamment par le centre du plateau. Dans ce cas, en effet, la génératrice de contact de la roulette appartenant non plus à un cylindre, mais à un cône dont le sommet coïncide avec le centre du plateau, les vitesses de tous les points en contact sont nécessairement égales deux à deux, et aucun glissement ne peut se produire.

Malheureusement, cette condition est pratiquement irréalisable, et elle empêcherait, d'ailleurs, le galet de rouler sur un cercle inférieur à celui de sa périphérie.

On a proposé bien des solutions pour augmenter l'adhérence de la roulette, mais celle qui a fourni à ce point de vue la meilleure solution pratique a été imaginée par MM. Richard frères, ingénieurs-constructeurs. Elle consiste à laminer en quelque sorte la roulette entre deux plateaux tournant en sens inverse avec une même vitesse angulaire ; cette disposition permet d'augmenter autant qu'on veut les pressions aux points de contact, sans faire naître des frottements correspondants sur les pivots de la roulette. Malheureusement, cette solution, intéressante à plus d'un point de vue, ne permet pas de supprimer complètement les glissements de la roulette, surtout dans le voisinage du centre du plateau. Lorsqu'on examine attentivement la surface d'un plateau ayant fait un long usage, on constate que cette surface n'est plus plane et présente la forme d'un cône à génératrice courbe dont le sommet coïncide avec le centre du plateau, indice certain d'un glissement variable de la roulette, surtout vers le centre de celui-ci.

La véritable solution paraît avoir été indiquée par un de nos collègues, M. N.-J. Raffard, dans une communication faite au *Congrès de Mécanique appliquée de 1889*.

M. Raffard, observant avec juste raison que les glissements de la roulette n'acquièrent une valeur réellement importante que lorsque celle-ci fonctionne dans le voisinage du centre du plateau, supprime cette partie et emploie un dispositif à deux roulettes, dont les axes sont toujours compris dans un plan diamétral perpendiculaire au plateau, et dont les centres sont maintenus à une distance *invariable* à l'aide d'une platine qui sert en même temps de support aux compteurs des deux roulettes.

Il est facile de déterminer la relation d'intégration de ce dispositif. Pour cela, appelons toujours r le rayon commun des deux roulettes, r' et

r'' leurs distances respectives à l'axe du plateau lorsqu'on vient à leur donner un déplacement y suivant un diamètre de celui-ci. Dans ces conditions, on a, en remarquant que le déplacement y est le même pour les deux roulettes en vertu des liaisons,

$$y + r'' = r' - y$$

d'où:

$$y = \frac{r' - r''}{2} \tag{3}$$

Supposons maintenant qu'on fasse tourner le plateau d'un angle élémentaire $d\alpha$, les rayons de contact des deux roulettes décriront dans le même temps des angles élémentaires respectifs $d\alpha'$ et $d\alpha''$, de sorte que s'il y a *roulement sans glissement*, on a les deux équations :

$$r' d\alpha = r d\alpha' \tag{4}$$

$$r'' d\alpha = r d\alpha'' \tag{5}$$

qui retranchées membre à membre donnent :

$$r' - r'' = \frac{r d\alpha' - r d\alpha''}{d\alpha}$$

ou bien :

$$y d\alpha = \frac{r d\alpha' - r d\alpha''}{2}.$$

Si maintenant on intègre cette équation en remarquant que r est une constante, il vient :

$$\int y d\alpha = \frac{r\alpha' - r\alpha''}{2}. \tag{6}$$

Telle est la relation d'intégration avec le dispositif à deux roulettes. On voit qu'ici l'intégrale est mesurée par la *demi-différence* des arcs développés par les deux roulettes et que l'appareil est au zéro lorsque les points de contact des deux roulettes sont situés sur un même diamètre du plateau, ce dont on est assuré lorsque les nombres de tours accusés par les deux compteurs sont égaux à chaque instant.

Ce qui fait surtout la valeur de cette solution, c'est la propriété précieuse qu'elle possède de contrôler elle-même ses indications, qualité qu'on rencontre bien rarement dans les appareils de mesure. Pour déterminer comment ce contrôle peut être obtenu, ajoutons membre à membre les équations (4) et (5), il vient :

$$\frac{d\alpha' + d\alpha''}{d\alpha} = \frac{r' + r''}{r}. \tag{7}$$

La somme $r' + r''$ des distances des centres des roulettes à l'axe du plateau étant constante par construction, il en résulte que le rapport du premier membre est constant comme celui du second. Ainsi donc, on sera assuré qu'il n'y a pas eu glissement des roulettes si le rapport de la somme des tours effectués par celles-ci au nombre de tours effectués par le plateau dans le même temps reste constant et égal au rapport de la distance des plans des roulettes à leur rayon commun.

On voit donc que la disposition imaginée par notre collègue permet non seulement d'utiliser, pour la mesure, les parties éloignées du centre du plateau où les roulettes fonctionnent d'une façon suffisamment correcte, mais encore de contrôler et de déterminer ces glissements.

C'est à M. Gonella, de Florence, qu'on doit d'avoir donné pour la première fois, en 1825 (*Antologia*, t. XVIII), une théorie un peu nette du plateau à roulette. Le premier appareil d'intégration basé sur ce principe a été réalisé, en 1827, par l'Ingénieur suisse Oppikofer. Un appareil plus perfectionné a été réalisé, en 1837, par Ernst, constructeur d'instruments de précision à Paris. Poncelet et le général Morin sont les premiers expérimentateurs qui se soient servis du plateau à roulette pour intégrer un travail mécanique. Enfin, M. Ernest Stamm a fait connaître, en 1863, dans une remarquable étude intitulée : ***Essais sur l'automatique pure*** (Mallet-Bachelier, 1863), à peu près toutes les applications possibles du plateau à roulette à la résolution des équations numériques d'un degré quelconque, des équations transcendantes et à la différentiation automatique des fonctions. C'est dans ce travail, dont on ne saurait trop recommander la lecture à ceux que les applications possibles du plateau à roulette à l'art de l'Ingénieur intéressent particulièrement, qu'on trouve établi pour la première fois le principe des nouveaux vélocimètres imaginés en 1883 par M. V.-T. Golden et Sir A. Campbell, en Angleterre, et en France, en 1887, par MM. Richard frères, appareils qui réalisent mécaniquement la différentiation automatique par rapport au temps de la fonction d'un angle décrit ou d'un espace parcouru. C'est à M. Stamm également qu'on doit d'avoir établi pour la première fois que si l'intégration automatique d'une fonction est une opération qui peut toujours être obtenue mécaniquement en toute rigueur, il n'en est pas de même de la différentiation qui ne peut être généralement obtenue que d'une façon plus ou moins approchée, contrairement à ce qui se passe en analyse.

Il a paru nécessaire de s'étendre un peu sur le plateau à roulette, parce que c'est actuellement le seul appareil qui permette d'opérer pratiquement une intégration continue et pour ainsi dire indéfinie d'une fonction physique quelconque. Il n'en est pas de même des deux appareils d'intégration dont il va être question maintenant.

Planimètre d'Amsler. — Le planimètre à *roulette-sinus*, imaginé en 1855 par le professeur Amsler-Laffon, de Schaffhouse, et décrit par lui, en 1856, dans une brochure ayant pour titre : ***Ueber die mechanische Bestimmung des Flächeninhaltes, der statischen Momente und der Trägheitsmomente ebener Figuren, insbesondere über einen neuen Planimeter von Jakob Amsler*** (Schaffhausen, A. Beck und Sohn, 1856), est trop connu pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter longuement. Cependant, il n'est pas sans intérêt de donner ici une démonstration du principe de l'instrument, démonstration qui a l'avantage de généraliser et d'étendre les applications du planimètre en montrant que ses indications sont absolument indépendantes de la forme de la courbe directrice décrite par une des extrémités de la tige porte-style et roulette. Cette démonstration a été donnée, en 1868, par M. Merrifield, professeur à l'École Royale d'Architecture Navale en Angleterre; elle se trouve reproduite dans l'ouvrage anglais

de *Porter* sur l'*Indicateur Richards*. La voici avec quelques légères modifications.

Étant donnée une droite de longueur constante et égale à l, dont une des extrémités décrit le contour de la courbe fermée dont on veut mesurer l'aire, tandis que l'autre décrit une courbe quelconque, mais non fermée, l'aire embrassée par la courbe donnée est égale à :

$$l \times \int_0^{\circ} \sin \theta \, ds,$$

ds étant le chemin élémentaire décrit par le milieu de la droite l.

En effet, tout mouvement élémentaire de cette droite peut être décomposé en deux autres, l'un, dans lequel la droite se déplace parallèlement à elle-même, et l'autre, dans lequel elle effectue un petit mouvement de rotation autour de l'une de ses extrémités. Dans le premier cas, la surface balayée est celle d'un parallélogramme ayant pour surface le produit de la longueur l par celle de la portion de la normale comprise entre les deux positions successives de la droite constante, surface élémentaire qui est visiblement égale à $l \times ds \sin \theta$, θ étant l'angle que fait la trajectoire décrite par le point milieu de la droite l avec la normale en ce point. Dans le second cas, la surface balayée est celle d'un secteur ayant pour surface $l \times ds'$, ds' étant également le chemin décrit par le milieu de la droite l. Ceci posé, la courbe directrice étant une courbe *non fermée*, par hypothèse, circonstance qui oblige l'extrémité de la droite l qui suit cette courbe, à repasser deux fois et en sens inverse, par les mêmes points, on a :

$$\int_0^{\circ} l \, ds' = o.$$

On voit donc que l'aire A embrassée par la courbe donnée se réduit à :

$$A = l \times \int_0^{\circ} \sin \theta \, ds,$$

la notation $\int_0^{\circ}$ indiquant que l'intégration s'étend au contour entier de la courbe donnée.

Dès lors, il est clair que, si nous pouvons réaliser un dispositif mécanique qui permette d'enregistrer une *longueur* égale à celle qui est déterminée par l'intégrale précédente, le problème sera résolu. Or l'expérience montre que l'arc élémentaire décrit par une roulette de rayon r, à bord arrondi et *convenablement poli*, est égal à chaque instant au produit du chemin parcouru par le point de contact de la roulette par le sinus de l'angle que fait ce chemin avec le plan de la roulette, c'est-à-dire à $ds \sin \theta$, si le plan de la roulette est perpendiculaire à la droite l. On a donc, en désignant par α l'angle décrit par un point situé à la périphérie de la roulette :

$$A = l \int_0^{\circ} \sin \theta \, ds = l \times r\alpha.$$

Il résulte de la démonstration précédente que la position de la roulette le long de la droite l est indifférente.

M. Marcel Deprez a réalisé, en 1871, un planimètre à directrice rectiligne permettant de déterminer directement les intégrales :

$$\int_0^\omega y\,dx, \qquad \int_0^\omega y^2\,dx, \qquad \int_0^\omega y^3\,dx, \qquad \int_0^\omega y^4\,dx,$$

et, par conséquent, de faire connaître, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer le tracé des transformées au carré, au cube, à la quatrième puissance de la fonction y, le moment statique et le moment d'inertie de l'aire d'une courbe fermée, ainsi que le volume et le moment d'inertie, par rapport à la directrice considérée comme axe, du corps de révolution que l'aire considérée engendre en tournant autour de cet axe.

Ces applications spéciales du planimètre ont toutes été nettement indiquées par le professeur Amsler-Laffon, dans sa remarquable étude publiée en 1856 sur son planimètre, et réalisées par lui en 1866 dans un appareil destiné à l'École polytechnique de Zurich, et qui a obtenu une médaille d'argent à l'Exposition universelle de 1867.

On sait que la solution de ces différentes questions est très simplement obtenue en faisant tourner l'axe de la roulette d'un angle double, triple ou quadruple de l'angle élémentaire décrit à chaque instant par la droite porte-style.

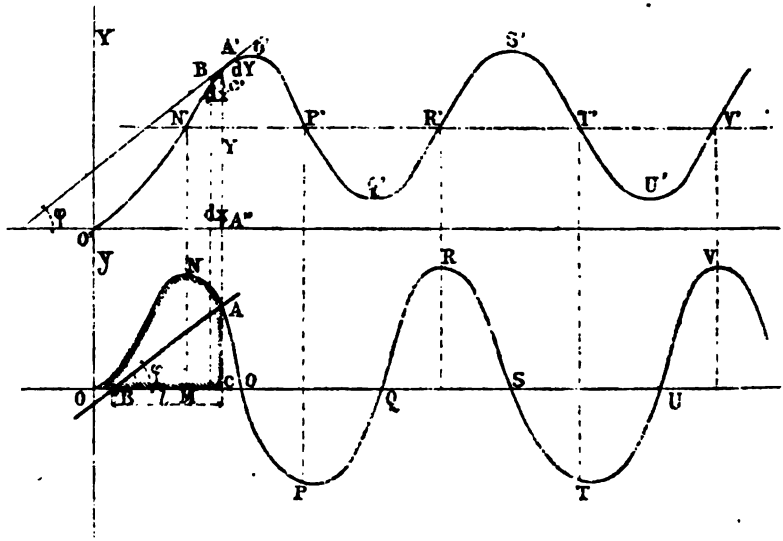
La *roulette-sinus* pourrait également servir, comme le plateau à roulette, à la détermination d'un travail mécanique. Il suffirait, pour cela, de placer son point de contact à une distance *constante* du centre d'un plateau animé d'un mouvement angulaire proportionnel à celui du moteur, et de faire tourner son plan d'un angle tel que le sinus de cet angle fût proportionnel à l'effort développé. Mais il est facile de voir que l'usure de la roulette et du plateau serait assez rapide pour en condamner l'emploi dans ce cas spécial.

Lorsque le planimètre est muni d'une directrice rectiligne, il peut permettre l'intégration d'une courbe quelconque rapportée à un système d'axes de coordonnées rectangulaires; mais il ne peut faire connaître que le résultat *final* de l'opération. Il se présente cependant un très grand nombre de cas dans la pratique et, en particulier, en statique graphique, où il est extrêmement utile de tracer directement la courbe intégrale d'une courbe donnée, c'est-à-dire une courbe dont l'ordonnée soit proportionnelle à chaque instant à l'aire comprise entre la courbe donnée, l'axe des abscisses et deux coordonnées arbitraires.

La solution de ce problème a été résolue pour la première fois à l'aide de la *roulette-tangente*, par M. Abdank Abakanowicz, qui l'a fait connaître dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Cracovie, en mars 1880, et dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 21 février et 7 mars 1881.

Intégraphe de M. Abdank Abakanowicz. — Soit N′ O′ P′ Q′ R′ S′ ... la courbe intégrale à une échelle donnée d'une courbe quelconque N O P Q R S ..., c'est-à-dire une courbe telle que l'ordonnée $A'A'' = Y$

d'un point A′ multipliée par un paramètre constant, fasse connaître la surface comprise entre la courbe donnée, l'axe O X et l'ordonnée A B.



Traçons la tangente au point A′ de la courbe intégrale et, par le point correspondant A, menons une parallèle A C à cette tangente. Si l'abscisse x des deux courbes s'accroit de dx, l'ordonnée Y s'accroit de dY, et à la limite, quand dx tend vers 0, les triangles A B C et A′ B′ C′ étant semblables, on a :

$$\frac{d\,Y}{d\,x} = \frac{y}{l} = \operatorname{tg} \varphi.$$

si la longueur l est une constante, l'équation précédente intégrée donne :

$$l \times Y = \int y\,dx + c.$$

la constante c étant égale à l'ordonnée $o\,o'$ à l'origine.

Il résulte de là que si on peut réaliser un dispositif mécanique tel, que le rapport de l'accroissement dY de l'ordonnée du point A′ à celui dx de l'abscisse soit constamment proportionnel à la tangente de l'angle φ, le point A′ décrira la courbe intégrale de la courbe donnée.

Ce problème a été très simplement résolu par l'emploi d'une roulette dont le point de contact peut se déplacer librement le long de l'ordonnée mobile C A′, mais dont le plan est maintenu constamment parallèle à une tige directrice A B glissant entre les mâchoires d'un étrier B et qui est munie au point A d'un style avec lequel on suit le contour de la courbe qu'on veut intégrer. L'intégraphe de M. Abadank Abakanowicz est basé

sur la propriété que possède une roulette à bords légèrement tranchants de se diriger énergiquement dans son propre plan en obéissant rigoureusement à la loi de la tangente. De là le nom de *roulette-tangente* qu'on peut donner à la roulette employée par M. Abdank. On voit que, contrairement à ce qui se passe avec la *roulette-sinus* de M. Amsler, le diamètre de la roulette est indifférent : il pourrait même varier pendant l'opération sans que cela modifiât en rien le résultat.

Afin d'obtenir un tracé parfaitement net de la courbe intégrale, M. Abdank emploie un tire-ligne placé entre deux roulettes parallèles et dont la fente est ainsi toujours maintenue dans la direction de la courbe qu'il trace.

Parmi les applications nombreuses de l'intégraphe on peut citer, en dehors de la planimétrie, le tracé de quelques courbes comme la parabole, la spirale logarithmique, la résolution des équations algébriques de degré quelconque, l'intégration des équations différentielles, la détermination des moments statiques et d'inertie des figures planes, celle des efforts tranchants et des moments fléchissants d'une poutre, le tracé de la courbe élastique, la théorie des voûtes, les problèmes de construction navale et les problèmes de mouvements de terre dans l'exécution des projets de routes et des voies ferrées (1).

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Arnoux du résumé si complet qu'il vient de donner de procédés graphiques d'intégrer et de faire les calculs mathématiques.

M. J. EUVERTE demande la permission de défendre la règle à calcul.

Il croit la règle à calcul plus commode et plus utile que l'abaque ; il pense qu'elle doit être propagée beaucoup plus que les tableaux de Lalanne. Les tableaux de Lalanne sont connus depuis longtemps ; nous les avons eus entre les mains, il y a une quarantaine d'années, concurremment avec la règle à calcul. Et pourtant ils se sont peu répandus ; c'est qu'en effet on ne peut les avoir toujours avec soi, tandis que la règle à calcul, on peut l'avoir toujours en poche ; elle peut être mise entre les mains d'un enfant sortant d'une école primaire et, en peu de semaines, il peut l'employer rapidement et avec précision.

M. Euverte signale également une autre forme de règle à calcul qu'il a vue, en 1856, en Angleterre. Elle est formée de deux disques superposés. Celle-là, on peut l'avoir toujours dans la poche de son gilet.

M. H. VALLOT confirme la préférence de M. Euverte pour la règle à calcul, mais il appuie son opinion sur d'autres considérations. Il y a des calculs tachéométriques pour les remblais et les déblais où on a à faire des calculs pendant plusieurs heures de suite ; avec l'abaque, les yeux se fatiguent de suivre les lignes obliques, surtout lorsqu'on a à interpoler et à suivre mentalement une ligne fictive entre deux lignes obliques, et à maintenir sa distance par rapport aux lignes tracées. Il cite, à l'appui de son dire, l'opinion de M. Le Brun, qui a été primé pour sa règle

(1) *Les Intégraphes. — Études sur un nouveau système d'intégrateurs mécaniques*, par Br. Abdank Abakanowicz. (Paris, Gauthier-Villars, 1886.)

à calcul sur les terrassements ; il a eu occasion de faire souvent cette expérience, et la fatigue des yeux est considérable.

RÉPONSE A QUELQUES OBSERVATIONS

M. Arnoux, en réponse aux observations précédentes, dit qu'en parlant des abaques de M. Lalanne il n'a nullement eu l'intention de dénigrer systématiquement la règle à calcul dont la place sera toujours tout indiquée dans la poche de l'Ingénieur, mais seulement d'appeler de nouveau l'attention sur un appareil de calcul moins coûteux et d'une exécution beaucoup plus simple que la règle à calcul et qui permet dans bien des cas d'effectuer par une simple lecture des calculs qui sont irréalisables avec la règle comme, par exemple, l'élévation d'un nombre à une puissance fractionnaire quelconque.

M. Ed. Roy fait remarquer que les tableaux de M. Lalanne, relatifs aux calculs de terrassements, ont été faits pour certaines inclinaisons de talus ; tandis que pratiquement les inclinaisons sont constamment variables avec la nature des terres. Il est donc difficile d'employer régulièrement ces tableaux.

M. Arnoux reconnait que l'abaque présente certains inconvénients, et déclare qu'il fait lui-même un large emploi de la règle à calcul.

M. le Président regrette que l'heure avancée ne permette pas de passer à la question des traités de commerce. Il annonce que cette question sera portée en tête de l'ordre du jour de la prochaine séance.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 25 avril 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

En annonçant à la Société le décès de MM. Eugène Péligot, L. Courras, Ph. Imbach et E. Plainemaison, M. le Président s'exprime ainsi :

Messieurs, la mort continue à décimer nos rangs ; elle vient de nous enlever quatre nouveaux collègues et c'est sous l'impression d'un sentiment de profonde tristesse que je viens rappeler le souvenir de leurs travaux et adresser à leurs familles l'expression de tous nos regrets, les prier d'agréer nos plus affectueuses condoléances.

Eugène Péligot, auquel l'Institut, les corps savants, l'École centrale et le Conservatoire des arts et métiers viennent de rendre les derniers de-

voirs, était tout particulièrement estimé par notre Société à laquelle il était attaché en qualité de membre honoraire. Ses beaux travaux sur l'alcool et l'éther, sur l'uranium, sur les céramiques, les verreries et une foule d'autres sujets touchant à la chimie théorique et industrielle, lui avaient acquis une autorité grande et incontestée non seulement parmi ses pairs, les savants, mais aussi dans le monde qui travaille et produit. Sa grande affabilité, l'accueil bienveillant qu'il réservait à ceux qui avaient recours à ses lumières lui avaient conquis enfin l'estime et la sympathie de tous et en particulier des Ingénieurs auxquels il était rattaché par les liens rappelés plus haut, par son frère, notre excellent collègue, et son fils, Ingénieur distingué à l'Ecole Centrale.

Puissent nos regrets adoucir le chagrin que sa perte fait éprouver à tous ceux qui l'entouraient ! *(Approbation.)*

Une perte non moins vivement ressentie est celle de notre excellent et sympathique collègue Courras, secrétaire général de la Compagnie d'Orléans, membre de notre Société depuis 1852, date de sa sortie de l'Ecole Centrale, et appelé par les suffrages de l'amitié, qu'il savait inspirer à tous ceux qui l'entouraient, à faire partie de nos comités pendant les années 1876 à 1881, puis de notre Bureau en qualité de vice-président pendant les exercices 1881 et 1882.

Ses qualités de cœur, son extrême affabilité et sa très grande bienveillance lui avaient conquis l'affection de ses collègues et de tous ceux qui de près ou de loin se trouvaient être en rapport avec lui.

Travailleur consciencieux et assidu, entièrement et exclusivement dévoué à ses devoirs professionnels, il s'était élevé petit à petit et par le seul fait de son mérite et de son intelligence à la haute situation qu'il occupait à la Compagnie d'Orléans, en ne laissant derrière lui que des souvenirs reconnaissants et ne faisant naître autour de lui que de sincères et vives amitiés, tellement il était juste et profondément bon.

Très attaché à son personnel et porté par ses grandes qualités de cœur et sa très saine appréciation des nécessités sociales à s'occuper des moyens d'améliorer la situation matérielle de ses collaborateurs de tous les degrés, il a été un des promoteurs les plus actifs et l'un de ceux qui ont le plus aidé au développement des institutions de prévoyance, retraites et caisses de secours, qui font tant d'honneur à la Compagnie d'Orléans et fonctionnent aujourd'hui dans toutes nos grandes Compagnies de chemins de fer.

Il a ainsi puissamment aidé à développer les sentiments de mutuelle confiance que l'on rencontre à tous les degrés de la hiérarchie dans l'immense personnel des chemins de fer et, de ce fait, bien mérité du pays.

M. Courras n'était pas seulement un administrateur distingué et un Ingénieur estimé, il était aussi, et avant tout, un homme de bien dans toute l'acception du mot, aussi modeste que généreux. Il aimait rendre service en cachant à ses obligés la source du bienfait ; cette grande bonté d'âme et cette délicatesse de cœur expliquent et justifient les sentiments de douleur que la brusque nouvelle de sa mort a fait naître dans tous les cœurs. C'est à ce sentiment que nous venons nous associer aujourd'hui, n'ayant pu le faire il y a quelques jours par respect pour un désir formellement exprimé par notre sympathique ami, en adressant à

sa fidèle compagne et confidente de tous ses bienfaits l'hommage de nos très respectueuses condoléances et l'expression de toute notre sympathie ; l'assurant enfin que le bon souvenir de son cher mari restera vivant parmi nous. *(Approbation.)*

Les deux autres collègues enlevés à l'affection de leur famille et à l'estime de leurs amis sont MM. Imbach et Plainemaison.

Le premier, membre de notre Société depuis 1878, est décédé à Bâle le 5 avril dernier. Sorti de l'École Centrale en 1850, il remplissait les fonctions d'Ingénieur civil à Bâle, après avoir dirigé pendant de longues années l'importante usine de MM. Kœchlin-Baumgartner et Cie, à Loevrach.

Nous nous associons bien sincèrement aux regrets que sa disparition cause à son fils, Ingénieur distingué, et à tous ceux qui l'ont connu.

M. Plainemaison, décédé à Lille le 16 avril, appartenait, lui aussi, à l'École Centrale, dont il était sorti en 1849. Membre de la Société depuis 1873, il avait occupé aux chemins de fer du Nord de l'Espagne le poste important d'Ingénieur en chef du matériel et de la traction. Revenu en France, il s'était établi Ingénieur-conseil à Neuilly, où il avait conquis l'estime et l'amitié de tous ceux qui l'entouraient et étaient en relations avec lui.

La Société partage le sentiment de tristesse que la perte de ce collègue bienveillant cause à sa famille et à tous ses amis. *(Approbation.)*

M. Buquet ajoute quelques mots aux paroles prononcées par M. le Président à propos de M. Courras et rappelle combien notre regretté collègue était particulièrement dévoué à ses jeunes camarades de l'École centrale et à tous ceux qui ont besoin d'un appui au début de leur carrière. *(Approbation.)*

M. le Président rappelle que la Société doit avant la fin du mois transmettre à M. le Ministre de l'Instruction publique les noms de ceux de nos collègues délégués au Congrès des Sociétés savantes. M. Périssé a déjà accepté cette mission ; MM. Bobin, Brichaut, Couriot et Gibon lui sont adjoints pour prendre part aux discussions du Congrès.

M. le Président a le plaisir d'annoncer qu'un certain nombre de nos Collègues ont généreusement abandonné les bons qu'ils avaient souscrits à l'emprunt.

Ce sont : MM. Boivin, 9 bons ; Battarel, 9 bons ; Courtier, 2 bons ; de Kislanski, 1 bon, et Armengaud jeune, 1 bon.

M. le Président adresse ses remerciements à nos Collègues. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit que, par suite de l'adoption d'un nouveau module pour la médaille de la Société, la valeur de cette dernière a subi une augmentation.

M. E. Simon, qui a fondé le prix Michel Alcan, a bien voulu, pour faire face à cette augmentation, nous faire un nouveau don de 35 francs de rente. Nous remercions sincèrement M. Simon de ce don généreux dû à l'intérêt qu'il porte à notre Société et dont il nous a déjà donné tant de preuves. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. C. de Cordemoy, auquel nous avons demandé d'être Membre correspondant de la Société au Chili, accepte ces fonctions et se met à notre entière disposition.

La Société a reçu de M. J. de Coëne une lettre rappelant la note qu'il a fait paraître dans le numéro du *Génie civil* du 15 mars 1890 et relative à l'amélioration de l'Estuaire de la Seine.

A propos de la communication de M. Arnoux et des mentions faites de la règle à calcul et des abaques, M. de Gennes croit devoir signaler le cercle à calcul de M. A. Boucher; cet instrument, dont il se sert depuis longtemps, lui paraît présenter les avantages suivants : très petit volume, marche indéfinie dans le même sens, le 0 et le 10 se confondant, enfin possibilité d'effectuer un plus grand nombre d'opérations diverses que sur la règle à calcul.

M. LE PRÉSIDENT signale une erreur qui s'est glissée dans le procès-verbal de la séance du 11 avril, à propos de la lettre que nous avons reçue de nos collègues de Russie. Le Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie, n'est pas M. Herzeinstein, mais bien M. Kotchoubey.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'en témoignage de sa très grande sympathie pour la Société, notre regretté collègue M. Adolphe Meyer, fils de l'inventeur bien connu de la *détente* qui porte son nom, nous a légué une somme de 20 000 *f* pour être affectée à la création d'un prix à décerner tous les deux ans. A la prochaine séance, la Société sera consultée sur la question d'acceptation de ce legs.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Cerbelaud pour son analyse de la note de M. J. Couture, membre de la Société, qui a pour titre : *l'Éclairage électrique actuel dans différents pays. — Comparaison de son prix de revient avec celui du gaz.*

M. CERBELAUD dit que l'auteur de la brochure dont il va rendre compte a abordé la question qui divise le plus les gaziers et les électriciens, celle du prix de revient. On doit regretter seulement que les chiffres recueillis par notre collègue s'arrêtent à 1886, 1887 ou 1888 et soient, par suite, déjà un peu anciens dans une question où l'on peut dire que chaque jour amène un nouveau fait, un nouvel élément de discussion.

La note de M. Couture donne des détails et des chiffres relatifs aux installations électriques de Milan, Rome, Paris, Saint-Étienne, Manosque, Perpignan, Marseille, New-York, etc.

Il compare le coût de l'éclairage avec les becs à gaz perfectionnés Bengel, Wenham, etc., et avec les lampes électriques à incandescence Edison, Swan, Khotinski, de même intensité lumineuse. Il fait ressortir que, dans la plupart des cas, pour l'éclairage des villes et des particuliers, l'électricité, avec la lumière par incandescence, présente des prix plus élevés que le gaz. Ces prix peuvent naturellement être abaissés dans une grande proportion quand on utilise une chute d'eau comme force motrice, comme c'est le cas à Pertuis (Vaucluse), à Roquevaire (Bouches-du-Rhône), etc. Dans cette dernière localité, l'éclairage a été heureusement combiné avec une exploitation de meunerie.

Pour les grandes villes, M. Couture a établi un tableau qui indique le coût de l'électricité, par lampe de 10 bougies et par heure, comparé à ce que reviendait le gaz par mètre cube pour une même dépense avec la même intensité lumineuse, et il indique en regard le prix réel payé pour le gaz dans les localités considérées. C'est ainsi qu'à Milan (1886), l'électricité revenait à 5,1 *c*, ce qui correspond à du gaz à 48,5 *c* le mètre cube, tandis qu'on le paie dans cette ville 36,25, ou 20 *c* seulement; pour Rome, la même comparaison indique 5 *c* pour l'électricité équivalant à 47,6 *c* pour le gaz, qui ne coûte dans cette ville que 27 *c*.

Par contre, l'emploi des lampes à arc est, à égalité de lumière, déclare M. Couture, plus économique que le gaz, mais il faut pour cela que cet éclairage puisse donner tout son effet utile, et cet avantage disparaît quand il s'agit d'éclairer des rues étroites et tortueuses.

L'auteur conclut que l'électricité ne peut lutter qu'à la condition de faire des prix égaux ou supérieurs à ceux du gaz, et à ce point de vue, il estime que les Compagnies gazières sont des mieux placées pour faire de l'éclairage électrique qu'elles peuvent produire sans augmentation sensible de leurs frais généraux et avec une dépense faible de combustible. Il cite l'opinion d'un éminent électricien, M. Fontaine, qui dit que le moment viendra où l'on ne parlera plus de payer au même prix l'éclairage à l'électricité et l'éclairage au gaz, « *pas plus qu'on ne demande de payer la soie le même prix que le coton*, sous prétexte qu'ils peuvent servir aux mêmes usages ».

» En résumé, dit M. Couture, *petit bonhomme de gaz vit encore, et vivra, je l'espère, longtemps*. Il n'hésitera pas, pour prolonger une existence si bien remplie et d'une utilité incontestable, à mettre sur son drapeau « Gaz-Électricité », car ses adhérents ne sont réfractaires à aucun progrès. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cerbelaud de son intéressante analyse.

Avant d'ouvrir la discussion de la communication de M. Bert sur *les traités de commerce et leur renouvellement*, M. le Président tient à remercier les très honorables Ingénieurs et Administrateurs étrangers à notre Société, qui ont bien voulu nous faire l'honneur d'assister à cette séance. Ils verront discuter cette question vitale et intimement liée à l'avenir de la patrie avec un grand sentiment de tolérance pour les opinions exprimées, persuadés que nous sommes tous que l'intérêt général est le seul mobile qui suscite les arguments invoqués. *(Approbation.)*

M. J. FLEURY a la parole pour répondre au mémoire de M. E. Bert.

M. J. FLEURY rend hommage à la partie du travail de M. Bert consacrée à l'historique des traités de commerce, qui a été exposé avec beaucoup de précision et une grande exactitude. Il constate, quant à la seconde partie, que la question soulevée par l'approche de la date d'expiration des traités de commerce est celle du plus ou moins de liberté donnée à l'échange. C'est donc entre le libre-échange et la protection que la question est posée, et il semble à M. Fleury que c'est ainsi qu'au fond elle est apparue à M. Bert, puisqu'il a constamment opposé la protection au libre-échange. M. Fleury n'attribue pas au seul traité de 1860, quelle que soit son importance, les variations qu'a pu subir la prospérité

depuis cette époque. Bien d'autres événements d'ordre politique, social, financier, et des faits d'ordre naturel ont exercé une influence prépondérante sur le bonheur du pays. Quoi qu'il en soit, il semble à M. Fleury que la richesse publique s'est notablement accrue depuis 1860. Il cite comme preuve à l'appui de cette assertion, l'accroissement des dépôts dans les banques et les établissements financiers, l'augmentation des valeurs successorales, la diminution de la valeur de l'argent. Il cite encore les charges considérables que le pays a su et sait encore supporter : les charges de la guerre, les budgets toujours en augmentation. Il en conclut qu'on ne doit pas considérer cette période de la vie sociale comme absolument malheureuse, au moins au point de vue matériel. M. Fleury fait alors remarquer que M. Bert ne s'est pas arrêté à cet ordre de considérations et que pour lui le criterium de la prospérité publique semble être la *balance du commerce*. M. Fleury ne partage pas à cet égard l'opinion de son collègue : il ne croit pas que lorsque l'importation surpasse l'exportation, la différence se traduise par une sortie de numéraire : il ne croit pas que le relevé des douanes puisse être assimilé à autre chose qu'à un livre d'entrée et de sortie de magasin : c'est un livre tout à fait auxiliaire dans la comptabilité de cette grande maison de commerce, à laquelle les partisans de la balance veulent assimiler la France. Le livre important, celui qui pourrait révéler le résultat final de l'opération, c'est le compte Profits et Pertes ; la douane ne peut pas le fournir.

M. Fleury fait observer d'ailleurs que les opérations du commerce extérieur ne se résolvent pas toujours par l'échange, et que l'exportation sert à solder soit des engagements, soit des dettes contractées à l'extérieur. C'est ce qui est arrivé dans les deux périodes de 1863-67 et 1873-76 signalées par M. Bert, et où les exportations ont été supérieures à l'importation. Il cite l'Egypte, l'Irlande, l'Inde, pays constamment exportateurs, et se demande s'il en résulte pour eux une grande prospérité.

M. Fleury entre ensuite dans quelques détails sur la nature des opérations de notre commerce extérieur.

Il fait ressortir l'importance de nos affaires avec l'Angleterre et établit que nous souffririons plus qu'elle d'une tension dans les rapports commerciaux. L'effet inverse s'est produit avec l'Italie. Mais quand les relations deviennent difficiles, les deux parties en souffrent. M. Fleury, de l'examen de nos affaires avec l'Allemagne, conclut qu'il ne faut pas exagérer l'influence que peut avoir l'article 11 du traité de Francfort. Il croit d'ailleurs que tout traité étant un contrat synallagmatique peut être avantageux aux deux parties contractantes.

Il constate que nous importons surtout des denrées alimentaires et des matières premières nécessaires à l'industrie.

D'après lui, on n'importe les unes et les autres que parce qu'on ne les trouve pas en quantité suffisante dans le pays ; nous allons les chercher, l'étranger ne nous les impose pas, et M. Fleury s'élève contre l'abus des mots d'invasion, d'envahissement, d'inondation, qui ne répondent pas à la réalité. Il constate également que, dans cette situation, on ne peut pas arriver à prélever sur l'étranger ce qu'on a appelé des *droits compensateurs*.

Par contre, nous exportons beaucoup plus d'objets fabriqués que nous n'en importons, ce qui lui paraît un indice de l'activité féconde et de la valeur du travail national.

Il en conclut qu'on doit avoir la préoccupation d'éviter toute mesure qui pourrait porter atteinte à la productivité du travail, — et les droits de douane lui paraissent au premier chef rentrer dans cette catégorie. Ils élèvent le prix des choses à l'intérieur, et les partisans de la protection ne nient pas que c'est là le but qu'ils poursuivent. La façon dont ce droit est perçu fait peut-être que le consommateur ne s'en aperçoit pas toujours distinctement. Il n'en est pas moins certain que l'élévation du prix, si minime soit-elle sur chaque objet consommé, a pour résultat définitif de diminuer les ressources que le consommateur n'obtient que par son travail, — et M. Fleury en déduit que le droit de douane rend le travail moins fécond et moins productif.

La productivité du travail se mesure d'ailleurs à l'abaissement du prix de revient. Les éléments du prix de revient sont : les intérêts des capitaux, les frais d'administration et de direction, la main-d'œuvre, la valeur de l'outillage, le prix des matières premières. Il croit que les intérêts des capitaux, les frais de direction et d'administration sont à peu près les mêmes dans tous les pays producteurs. Il croit que les différences entre les prix de la main-d'œuvre vont chaque jour s'atténuant, — et il en conclut que si nos industries avaient les matières premières et l'outillage dans des conditions analogues à celles des pays voisins, il n'y aurait plus aucun motif d'infériorité prétendue ou réelle.

Il s'attache à montrer que dans l'élaboration des produits nécessaires à l'homme, toutes les industries se succèdent et s'enchaînent; que la matière première de l'une est le produit fini de la précédente, et il arrive ainsi aux grandes industries extractives qui font sortir du sol les éléments de tout ce qui doit être ensuite par les autres industries adapté à notre usage.

Des statistiques il résulte que l'agriculture française ne fournit qu'une faible fraction des produits bruts élaborés par les autres industries.

M. Fleury cite notamment les matières textiles, les cuirs, les graines oléagineuses, ce qui justifie et explique la demande qui en est faite à l'étranger. — Si le droit de douane intervient, toutes les industries s'en ressentent. — Aussi peut-on constater que dans le mouvement actuel, tout protectionniste qu'il soit, un grand nombre de chambres de commerce protestent dès maintenant contre les droits sur les matières premières.

Les conséquences du droit de douane paraissent encore plus graves à M. Fleury, lorsqu'il s'agit des denrées nécessaires à la subsistance. Tout le monde est alors directement atteint dans ses ressources, car boire et manger sont deux besoins impérieux qu'il faut d'abord satisfaire.

M. Fleury croit, en particulier, que le droit de 5 francs sur le blé est un lourd impôt prélevé sur le pays, et dont la majeure partie ne profite qu'à quelques-uns. Il rappelle à ce sujet que le motif allégué en faveur de ce droit est que le prix de revient du blé est supérieur au prix de vente. Mais le prix de revient que l'on a cité est une moyenne; on a donc calculé d'après ce prix de revient moyen — ce qui conduit à accorder

beaucoup à ceux qui produisent dans des conditions meilleures que le prix de revient moyen — et à ne donner qu'un secours insuffisant à ceux qui sont dans des conditions moins bonnes. M. Fleury croit d'ailleurs que la plus grande partie de la majoration résultant des droits de douane ne restera pas aux mains du cultivateur, mais ira au propriétaire de la terre, sous forme d'augmentation du prix du fermage.

M. Fleury pense qu'il y a d'autres services à rendre à l'agriculture, en l'instruisant, en mettant à sa disposition le capital et les exemples, en réformant certaines lois qui gênent son développement économique. Il constate que des hommes ayant à la fois une grande science et un dévouement admirable, parmi lesquels il croit devoir citer M. L. Grandeau, se sont adonnés à cette œuvre. Il souhaite avec ardeur pour le bonheur et la grandeur de notre pays que leur parole soit écoutée, leurs conseils suivis.

En ce qui concerne l'industrie minière, M. Fleury constate que les conditions de l'extraction des combustibles minéraux sont très améliorées dans les plus importants des bassins français, et il croit que la protection n'est pas nécessaire à cette industrie qui fournit à toutes les autres l'élément le plus nécessaire de leur activité. Il fait ensuite remarquer que les mines métalliques ne sont l'objet d'aucune protection ; ce qui constitue une inégalité.

Relativement à l'industrie métallurgique, M. Fleury fait remarquer qu'elle a eu l'heureuse fortune d'être toujours dirigée par des hommes de la plus haute valeur, instruits, et sachant utiliser toutes les indications de la science. Elle a fait des progrès merveilleux, et dans certaines régions elle est arrivée à fonctionner dans des conditions qui lui permettent de concurrencer victorieusement sur les marchés étrangers les produits similaires. Il est vrai qu'il n'en est pas de même partout, et que dans la région du Centre, dans la Loire, l'industrie métallurgique est en souffrance, par suite, en grande partie, des conditions nouvelles introduites dans la production par des découvertes récentes; mais M. Fleury constate que l'industrie dans ces régions s'est transformée : on ne peut plus faire économiquement le produit brut ; mais on fait, et avec succès, le produit fini. C'est la voie dans laquelle il faut entrer. S'appuyant sur des citations de MM. Euverte et Périssé. M. Fleury croit que la fabrication des produits finis, de ceux dont l'exécution exige de l'intelligence, de la critique, du goût, est évidemment celle qui convient au génie de notre race.

Il cite, comme preuve à l'appui, certains produits fabriqués, les tissus, les soieries en particulier, les machines, les ouvrages en métaux, qui, nonobstant les droits de douane qui pèsent sur tout ou partie de leurs matières premières, tiennent une si grande place dans notre exportation. M. Fleury ne croit pas d'ailleurs que ces transformations ou ces déplacements puissent provoquer des crises douloureuses au sein de la population ouvrière. Ces crises seront, en tout cas, infiniment moins douloureuses, moins profondes, moins durables que celles que provoquerait dans les grandes industries des produits définitifs, tissus, bimbeloterie, tabletterie, quincaillerie, dont le personnel est si nombreux, l'élévation de prix des matières premières.

Concluant, M. Fleury trouve à la protection ce double caractère : elle diminue l'effet utile du travail national ; elle s'exerce inégalement, non seulement dans le sein d'une même industrie, mais encore d'une industrie à l'autre, et surtout elle ne peut rien, quoi qu'on promette, pour compenser les charges qu'elle impose à tous ceux dont le produit est le travail, et c'est le plus grand nombre. Elle aboutit donc à l'appauvrissement du pays et à l'injustice. M. Fleury veut espérer que si, néanmoins, on en fait l'expérience, le pays sera un jour désabusé et abolira enfin le tarif des douanes. Ce sera, dit M. Fleury, en citant Montalembert, non le triomphe d'une opinion, mais la glorieuse et légitime conquête de la raison, de la justice et de la charité sociale. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT rend hommage au plaidoyer éloquent de M. Fleury en faveur de la liberté commerciale et le remercie, au nom de la Société, de la chaleur et du sentiment de profonde conviction avec lesquels il a développé ses arguments. Il ne lui appartient pas encore de résumer les théories en présence, ni de donner son avis; il croit cependant devoir protester contre l'opinion émise par notre honorable collègue, que rien ne serait plus facile aux ouvriers métallurgistes que de changer de profession. Il lui a été donné de voir, malheureusement plus d'une fois, des usines dans la nécessité de renvoyer une partie de leur personnel ouvrier et il a toujours constaté que lorsque celui-ci ne retrouvait pas des occupations similaires, il était dans la nécessité, après de nombreuses souffrances, d'accepter de ne remplir que des fonctions de manœuvre.

M. CORNUAULT dit qu'il n'était nullement préparé à répondre à M. Fleury et qu'il ne demande la parole que pour présenter quelques rectifications matérielles sur les points de sa compétence.

Il fera, cependant, tout d'abord remarquer que M. Fleury semble avoir laissé totalement de côté l'intérêt qui s'attache à conserver du travail en France; faire autre chose n'est pas toujours aussi facile ni désirable qu'il semble: tout consommateur est doublé d'un producteur, et l'ouvrier, consommateur annuel d'un kilogramme de coton, pour citer un exemple, ne regretterait guère les 0,10 *f* ou 0,15 *f* par an que lui vaudrait une augmentation de droits de 10 *f* ou 15 *f* les **100** ***kg*** ou même beaucoup plus, si cette augmentation devait maintenir l'industrie qui le fait vivre en France et lui conserver, avec du travail, son salaire quotidien. *(Très bien!)*

M. CORNUAULT, abordant les rectifications matérielles, dit qu'il a été bien surpris d'entendre M. Fleury parler de la revendication du droit de 2 *f* par tonne sur la houille étrangère introduite en France, qui serait faite par les producteurs de houille nationale? Ses relations avec les bassins du Nord et du Midi lui permettent d'affirmer qu'il n'en est rien et qu'il doit y avoir là quelque malentendu ; l'industrie houillère, dans sa généralité, ne demandant rien de plus que le ***statu quo***, c'est-a-dire le droit de 1,20 *f*. Ce droit est très faible si on le compare aux prix généralement variables entre 20 *f* et 30 *f*, dans les périodes normales, auxquels revient le charbon, non pas à la mine, mais au pied de la chaudière ou autre qui le consomme ; mais on ne saurait s'en passer, et en présence des 9 à 10 millions de tonnes que la France demande annuellement à

l'étranger, alors que l'intérêt vital de la nation, à tous les points de vue, est d'avoir une production nationale aussi voisine que possible des besoins de sa consommation, ce qu'il faut, c'est encourager l'industrie houillère à produire davantage, et pour cela lui permettre de réaliser des bénéfices, dans les périodes normales j'entends, celle que nous traversons absolument exceptée. C'est là le but du droit dont on demande le maintien et non la *majoration.*

Pour *la fonte*, M. Fleury a cité, par erreur, le droit de 20 *f* la tonne; il n'est que de 15 *f*, soit 25 0/0 en moins; de plus il est en pratique beaucoup plus faible, et souvent le trafic bien connu des acquits-à-caution a permis de payer moins de la moitié du droit. Il n'a donc rien d'excessif, et si l'on fait le percentage par rapport à la valeur de la fonte de qualité moyenne, revenant, par exemple, à 90 ou 100 *f* la tonne, on n'approche guère du chiffre de plus de 30 0/0, cité par M. Fleury.

M. Cornuault insiste, en terminant, sur la nécessité de conserver en France du travail à l'ouvrier. *(Très bien! Applaudissements.)*

M. Fleury répond que les chiffres qu'il a cités émanent de documents officiels; par exemple, il a trouvé celui de 2 *f* pour le droit sur la houille dans le cahier des réponses de la Chambre de commerce de Saint-Étienne au questionnaire du Ministre du Commerce.

M. Euverte explique qu'il a été question d'établir deux tarifs, l'un minimum, l'autre maximum, et qu'en effet la Chambre de commerce de Saint-Étienne a indiqué le chiffre de 2 *f* comme tarif maximum, mais en France tout le monde est d'accord dans l'industrie houillère pour réclamer le maintien du *statu quo.*

M. Euverte ajoute que M. Fleury a parlé avec un grand talent, mais qu'il s'est placé à un point de vue qui devient très rare en France. M. Bert disait l'autre jour qu'il n'y avait plus de libre-échangiste; il y en a encore un, c'est M. Fleury! *(Rires et applaudissements.)*

M. Euverte, dans l'étude qu'il a faite de la question et qu'il exposera à la prochaine séance, déclare qu'il n'avait pas pensé au libre-échange: c'est là une idée théorique comme celle du désarmement; quand les Russes, les Allemands, les Américains ne se protégeront plus, nous ne nous protégerons plus. M. Euverte croit, par contre, qu'il faut se mettre en garde contre l'exagération de la protection. Les Ingénieurs, qui sont l'âme de l'industrie, sont bien placés pour étudier cette importante question, et la discussion ouverte en ce moment devant la Société sera d'un grand poids. *(Approbation.)*

M. Gassaud, répondant à M. Fleury, dit qu'en fait de droits compensateurs, ce qu'on demande c'est que les produits étrangers qui viennent profiter de nos canaux et de nos chemins de fer participent aux charges nationales; il cite l'exemple des mais, des mélasses, qui peuvent venir concurrencer les produits indigènes sans avoir à supporter les mêmes charges.

M. Fleury pense que l'élévation des droits de douane empêchera l'introduction de choses nécessaires à l'alimentation française. Cela n'est pas à craindre, car il faudrait à cet effet des droits prohibitifs qui ne

seraient plus alors une ressource pour le Trésor. M. Fleury a critiqué le droit sur les blés et les farines, qui permet l'introduction en franchise du produit fabriqué : le pain ; dans le nouveau tarif cette *fissure* n'existera pas, car on aura soin d'ajouter pour chaque produit : « et tous ses dérivés » ; d'ailleurs, pour le pain étranger, l'inconvénient n'est pas grave, car dans les grands centres de consommation, tels que Paris par exemple, on ne se contenterait pas de pain qui aurait voyagé, n'eût-il fait que 20 *km.* M. Fleury a dit qu'au lieu de demander la protection aux droits de douane, il fallait perfectionner l'outillage national ; mais, comme l'a dit M. Cornuault, pour cela, il faut gagner de l'argent, et si l'on travaille à perte, on n'ira pas immobiliser des capitaux nouveaux.

M. Gassaud estime que, pour changer toute la législation comme le voudrait M. Fleury, il faudrait bouleverser tout le Code civil, ce qui pourrait durer un siècle.

Pour la question des engrais, il est vrai que l'Angleterre en importe plus que nous, mais cela tient à ce que les gisements de phosphate sont précisément situés en France ; M. Grandeau a même proposé d'en interdire l'exportation. Quant aux guanos, ils ne sont plus de mode aujourd'hui.

En terminant, M. Gassaud estime que M. Fleury s'est trompé en disant qu'il y a un courant protectionniste en ce moment ; ce qu'on demande c'est *l'égal échange*, l'égalité devant l'impôt, que l'on ne peut refuser à l'agriculture et à l'industrie françaises vis-à-vis des produits étrangers. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Gassaud et remet à la prochaine séance la suite de cette discussion.

La séance est levée à onze heures et quart.

LE PONT DU FORTH

PAR

M. L. COISEAU

Le 4 mars dernier, a été inauguré officiellement le gigantesque pont, construit sur le golfe du Forth, près d'Edimbourg. Ayant eu la bonne fortune de collaborer à sa construction, nous avons pu voir de très près le travail lui-même et les différents moyens qui ont été mis en œuvre pour son exécution. Nous nous proposons de les faire connaître à la Société, avec l'espoir de l'intéresser.

Description générale.

Situation géographique. — Le pont est situé à environ 12 *km* (voir fig. 1) à l'ouest d'Edimbourg, dans le prolongement du chemin de fer qui conduit de cette ville au village de South-Queensferry, où voyageurs et marchandises sont transportés par des ferry-boats sur l'autre rive, où le chemin de fer les reprend pour les transporter vers le nord de l'Écosse.

But du pont. — Le pont a donc pour but de combler cette lacune et de mettre en communication directe le nord de l'Angleterre et Edimbourg avec le nord de l'Écosse. Le nouveau pont de la Tay étant achevé depuis un certain temps, et celui-ci l'étant également, les trains pourront aller directement vers Dundee et Aberdeen, etc., sans être obligés de contourner le Forth en passant à Stirling, et la Tay en passant à Perth, ce qui constitue un raccourcissement d'à peu près 45 *km*.

Compagnies intéressées. — Quoique ce raccourcissement ne soit pas bien considérable, le temps étant toujours de l'argent dans le

Royaume-Uni, les quatre grandes Compagnies : le Great Northern, le Midland, le North Eastern et le North British Railway, s'unirent pour faire les frais de l'exécution, et formèrent une nouvelle Compagnie, appelée : « The Forth Bridge Railway Company ».

Choix de l'emplacement. — Cette intention étant bien arrêtée, il ne restait pas de choix à faire pour l'emplacement du pont, car, à hauteur d'Edimbourg, en face de Leith, le golfe a environ 10 *km*, avec des profondeurs considérables ; puis, il se rétrécit, et, à Queensferry, il se resserre subitement et n'a plus que 1 600 *m* de largeur, avec cette circonstance que la petite île de Inch-Garvie le sépare en deux, en laissant de chaque côté une passe ou chenal d'à peu près 500 *m*, avec des profondeurs de 50 à 60 *m* au milieu. Au delà de Queensferry, le golfe s'élargit de nouveau, pour se resserrer ensuite, à 35 *km* à l'ouest, près de Stirling.

Concours pour le projet. — Après l'achèvement du premier pont sur la Tay et sa mise en exploitation, la construction du pont sur le Forth avait été décidée, et Sir Thomas Bouch, le malheureux auteur de celui de la Tay, avait été chargé de sa construction.

Son projet était de construire un pont suspendu ayant deux travées de (1 600′) 488 *m* chacune : le dessin en est donné figure 2. Les tours d'où partaient les câbles de suspension devaient avoir (550′) 167,75 *m* de hauteur au-dessus de haute mer, et le niveau du rail devait être tel qu'il existât, dans l'intervalle des piles, une hauteur libre de (150′) 45,75 *m* au-dessus de haute mer. La tour centrale, sur l'île de Inch-Garvie, devait avoir une largeur de (500′) 152,50 *m*. Les deux voies devaient être écartées de (100′) 30,50 *m* l'une de l'autre, pour permettre l'établissement d'un fort contreventement horizontal entre leurs deux tabliers. Les piles, à North-Queensferry et à South-Queensferry, devaient occuper à peu près les positions qu'elles ont dans le pont actuel.

Les travaux étaient commencés quand survint le fameux accident du pont sur la Tay. La discussion qui suivit sur les causes de ce désastre fit naître des appréhensions sur le projet adopté, et les travaux furent suspendus. On examina de nouveau avec grand soin les conditions du projet, et de nouvelles études furent demandées aux Ingénieurs de la Grande-Bretagne.

Conditions du programme. — Les conditions du programme étaient les suivantes :

Construire un pont rigide pour chemin de fer à deux voies, ca-

pable : 1° de supporter deux trains pesant une tonne par pied courant, soit 3 328 *kg* par mètre courant, un sur chaque voie et d'une longueur illimitée ;

2° De supporter, sur chaque voie, un train ayant en tête deux locomotives avec tender de chacune 71 *t*, remorquant 60 wagons à charbon de chacun 15 *t* ;

3° De permettre le passage de trains express marchant à la vitesse de 60 milles à l'heure, environ 100 *km* ;

4° De résister aux plus grandes tempêtes, aussi bien pendant le montage qu'après achèvement, en admettant que la pression exercée par le vent soit de 56 livres par pied carré (environ 273 *kg* par mètre carré), frappant tout ou partie du pont et sous n'importe quel angle ;

5° De laisser sous le tablier une hauteur et une largeur telles qu'à la marée haute, les plus grands navires à voiles puissent passer facilement en dessous, sans aucune manœuvre préalable ;

6° Toutes ces conditions étant remplies, l'acier qui doit être employé dans la construction ne devra, en aucun cas, travailler à plus de 10,5 *kg* par millimètre carré.

Quatre projets furent présentés à ce concours, et ils sont représentés sur les figures 3, 4, 5 et 6.

Trois d'entre eux étaient du type du pont suspendu ; mais les pièces faisant fonction de câbles étaient constituées par des poutres fortement croisillonnées et contreventées. Le quatrième projet était un projet du « Cantilever System », et c'est celui-ci qui fut adopté.

C'était celui de Sir John Fowler et Benjamin Baker. Sir J. Fowler est l'Ingénieur bien connu par les travaux de chemins de fer qu'il a fait exécuter, aussi bien dans le Royaume-Uni que dans les colonies, et spécialement par les travaux du Métropolitain de Londres. Quant à Benjamin Baker, il est de beaucoup plus jeune ; il a contribué pour sa part aux travaux dont nous venons de parler et peut être considéré comme l'auteur du magnifique projet dont les figures 7 et 8 font voir la forme, les lignes et les dimensions principales

Modifications au projet primitif. — Des modifications ont été apportées au projet primitif ; la plus importante est celle relative aux colonnes des piles qui, d'abord, étaient inclinées dans le sens longitudinal et ressemblaient à des bigues haubannées entre elles,

tandis qu'elles ont été placées verticalement dans ce sens, comme l'indique le dessin.

Dimensions principales. — La longueur totale du pont, y compris les viaducs d'approche, et de remblai en remblai, est d'un peu plus de un mille et demi (8 098′) ou **2 468,02** *m*.

Longueur de la partie centrale, d'axe en axe des piles d'extrémités des viaducs (5 349′ 6″) environ 1 mille, ou **1 630,10** *m*.

Longueur des deux grandes travées (1 710′), ou **520,90** *m*.

Longueur des consoles ou Cantilevers (680′ et 689′ 9″), ou **207,38** *m* et **210,35** *m*.

Longueur des poutres centrales (350′), ou **106,24** *m*.

Hauteur des piles au-dessus du niveau de haute mer (360′), ou **109,29** *m*.

Hauteur entre le dessous du tablier et la haute mer (150′), ou **45,75** *m*.

L'idée fondamentale qui caractérise la construction est dans la forme adoptée : le principe consiste à élever de grandes piles métalliques (atteignant ici **110** *m* au-dessus de l'eau), qui portent de chaque côté un encorbellement ou console, ce que les Américains, qui, paraît-il, l'ont appliqué les premiers, nomment « Cantilever System ».

Sur l'extrémité de ces deux consoles en porte-à-faux, qui sont parfaitement équilibrées, pendant la construction comme après son achèvement, vient reposer une poutre ordinaire de pont, ayant ici une longueur de 350′ (106,24 *m*), avec semelles supérieures paraboliques, qui est supportée librement en ces points, avec toute liberté de dilatation, comme elle reposerait sur des piles ordinaires : le principe revient, en somme, à constituer des piles dont la surface d'appui supérieure soit très étendue, tout en leur assurant la stabilité nécessaire sur leur base d'appui propre, très petite en proportion.

Disposition des piles. — Les trois piles centrales reposent chacune sur quatre piliers en maçonnerie, ayant à leur base (70′), **21,35** *m* cylindriques sur une hauteur variant avec la profondeur à laquelle elles sont fondées, et se terminant en tronc de cône avec (60′), **18,30** *m*, un peu au-dessous de marée basse, et (49′), **14,94** *m*, au sommet.

Portée des poutres des viaducs (fig. 9). — Les portées des poutres des viaducs varient de (168′ à 179′), de **51,24** à **54,60** *m*.

Comparaison avec les principaux ponts. — Comme on le voit, les dimensions de ce pont, et surtout celles des deux travées centrales, sont gigantesques ; elles laissent de beaucoup en arrière tout ce qui a été fait jusqu'ici : en effet,

Le pont de Kulembourg a.	147,70 *m.*
Le pont de Saint-Louis a.	156 *m.*
Le pont de Poughkepsee a	157,50 *m.*
Le pont du Douro a	160 *m*
Le pont de Garabit a.	165 *m.*
Le pont de Monangahlo a.	244 *m.*
Le pont du Niagara a	246 *m.*

Même le fameux pont suspendu de Brooklyn, qui ne peut en aucune façon être comparé à celui-ci, n'a que 488 *m.*

Ses dimensions ne paraissent pas devoir de sitôt être dépassées, et il a fallu de l'audace pour concevoir le projet et le mettre à exécution. Aussi, M. B. Baker est-il placé dès maintenant par ses compatriotes à la hauteur des Brunel et des Stephenson ; cet honneur sera certainement ratifié par les Ingénieurs étrangers.

Formes de la construction. — D'une façon générale, toutes les parties métalliques du pont travaillant à la compression ont la forme tubulaire, et celles travaillant à la traction, la forme de poutres croisillonnées à section rectangulaire.

La base des parties métalliques des piles est formée par un cadre rigide composé, dans le sens longitudinal du pont, de tubes, et, dans le sens transversal, de poutres à section rectangulaire. Les tubes ont (260′) 79,30 *m* de longueur pour la pile centrale ; ils ont (145′) 44,22 *m* pour les deux autres. Les poutres transversales ont (120′) 36,60 *m* de longueur.

DISPOSITIONS PRISES EN VUE DES DÉFORMATIONS PAR LA DILATATION, LES CHARGES ET LE VENT

Les causes qui peuvent produire des déformations sont de plusieurs espèces, en outre des charges qui agiront sur le pont :

1° La dilatation et la contraction par les changements de température, qui agiront dans le sens longitudinal du pont, et aussi, dans une certaine mesure, dans le sens transversal, sur les piliers circulaires en maçonnerie ;

2° L'influence des rayons du soleil, sur l'un ou l'autre côté de la construction ;

3° La pression du vent agissant normalement, ou à peu près, à la longueur du pont.

La dilatation des poutres des viaducs extrêmes a été disposée à la manière ordinaire, en les faisant porter sur des plaques où elles peuvent glisser.

Pour les deux grandes travées, on a tenu compte de ces effets, d'abord en laissant à la construction la liberté de glisser sur certaines des plaques de fondation des piles, et en disposant convenablement la rencontre des extrémités des « Cantilevers » d'Inch-Garvie et de ceux des deux rives.

Pour ces grandes travées, les poutres centrales ont été fixées aux deux « Cantilevers » de South-Queensferry et de North-Queensferry, et elles ne peuvent avoir de mouvement que par rapport aux Cantilevers d'Inch-Garvie.

Il est intéressant de se rendre compte de l'importance des mouvements qu'il y avait lieu de prévoir avec les grandes dimensions de l'ouvrage.

A partir du nord et du sud, les demi-cantilevers des bouts, qui reposent par leurs extrémités sur les piles extrêmes des viaducs, atteignent, depuis leurs points d'attache fixes sur les piliers indiqués plus haut, une longueur de (825′) 251,62 *m;* et, si l'on suppose des variations extrêmes de 40° centigrades de température, les coefficients usuels indiquent un allongement à prévoir de (3″,61) soit 0,092 *mm*.

Pour les deux grandes travées, la dilatation se produira sur les longueurs de (1710′) 521,55 *m* et (1970′) 600,85 *m* respectivement, en raison de la position des points d'attache, et l'augmentation de longueur se produira, pour ces deux travées, aux points où les poutres centrales de (350′), 106,75 *m*, s'appuient sur les extrémités des Cantilevers d'Inch-Garvie.

Les allongements à prévoir sont, dans les mêmes conditions que ci-dessus, de (7″,6) 193 *mm* et (8″,62) 219 *mm*.

On a ménagé, aux quatre points où ces mouvements auront à se produire, une latitude plus que double des chiffres ci-dessus. Nous dirons plus loin, en exposant le mode de montage des poutres centrales des grandes travées, comment on a disposé la construction, pour permettre à ces mouvements de se produire à leurs extrémités.

Les points qui ont été établis d'une manière absolument fixe sont ceux par lesquels les piles des Cantilevers reposent :

1° Sur le pilier sud-est à North-Queensferry;

2° Sur les piliers nord-est à Inch-Garvie et à South-Queensferry.

Autour de ces points, tout à fait fixes, la construction peut, sous l'influence des dilatations, prendre des mouvements d'une certaine amplitude.

Si nous considérons l'une des trois piles métalliques principales, qui reposent sur quatre piliers en maçonnerie, cette pile y prend appui par quatre points absolument fixes, et, en raison des dimensions extrêmes de sa base dans les deux sens, qui sont :

Pour la pile centrale, de (260′ × 120′) 79,30 *m* × 36,60 *m*, et pour les deux autres, de (145′ × 120′) 44,22 *m* × 36,60 *m*, il a fallu prévoir les effets de la dilatation du métal dans cet ensemble et on ne pouvait pas sans danger admettre que la construction serait fixée d'une manière rigide sur ses quatre appuis.

Le « skewback » ou tronc, par lequel les colonnes verticales et les pieds des arcs prennent appui sur les piliers, est constitué par l'assemblage de ces colonnes avec les membrures inférieures des travées et les grandes pièces horizontales de la base de la pile, ainsi qu'avec les diverses pièces obliques de contreventement, dans tous les sens. On a ainsi, en cet endroit, la réunion de cinq pièces tubulaires et de quatre poutres à caisson, et le coffre, formé de faces planes et courbes et de formes compliquées, qui en résulte, est en outre très fortement armaturé dans les diverses directions, pour résister aux efforts complexes qu'il a à transmettre aux piles. A sa base, ce « skewback » porte une semelle formée de tôles d'acier de 100 *mm* d'épaisseur totale, qui repose elle-même sur une semelle de même épaisseur, ancrée dans la maçonnerie par quarante-huit boulons de (2 1/2″) 63,5 *mm*. A son pourtour, cette semelle comporte une bordure formée d'une tôle de 280 *mm* × 12,5 *mm*, destinée à former cuvette pour contenir de l'huile, dans le but de permettre les mouvements de glissement. La semelle fixe comporte, sur 50 *mm* de son épaisseur, un évidement destiné à loger une partie formant saillie et de dimensions moindres, sous la semelle fixée au tronc, qui peut ainsi prendre un certain mouvement relatif. La figure 10 donne le diagramme des formes relatives du logement et de la saillie dans les trois piles principales, la partie hachurée faisant voir le sens dans lequel le mouvement peut avoir lieu.

Pour les boulons de fondation, qui relient d'abord la semelle fixe à la maçonnerie et traversent de plus la semelle mobile, un dispositif analogue et donnant un effet concordant avec celui indiqué ci-dessus, permet à la semelle mobile de se mouvoir par

rapport à leurs écrous supérieurs, comme l'indique la figure 11. Le tronc de chacune des quatre colonnes formant une pile peut ainsi glisser, comme sur un large patin, sur la semelle fixe; un graissage abondant est prévu pour que le mouvement puisse se produire sans difficultés.

Stabilité des Cantilevers

Pour assurer l'équilibre des Cantilevers sur leur base, même sans charge sur le pont, il fallait déjà prévoir aux extrémités des Cantilevers, du côté de la rive, à North-Queensferry et à South-Queensferry, un contrepoids égal au poids d'une demi-poutre centrale. La surcharge exigeait encore d'augmenter ce contrepoids: on a donc placé à ces extrémités un lest équilibrant les charges qui pouvaient agir à l'autre extrémité du système, d'une importance d'environ 1 000 *t*, laissant encore une marge de 200 *t* en plus. Ces extrémités ayant ainsi, par leur appui sur les piles des bouts des viaducs, une position bien fixe, les extrémités libres ne peuvent se déplacer que par l'effet des flexions résultant de l'élasticité du métal.

Pour la pile centrale d'Inch-Garvie, l'équilibre sans charge est réalisé du fait même de la symétrie; il n'y avait donc là à envisager que l'effet des surcharges, et le cas le plus défavorable à prévoir était celui de deux trains se trouvant en même temps au milieu de l'une des travées. Comme on ne voulait pas que les ancrages dans les piles eussent à supporter d'efforts, on a dû, pour cette pile, lui donner plus de largeur à la base, pour que l'équilibre n'eût pas de danger d'être rompu dans les cas les plus extrêmes.

Pour tenir compte de la flexion qu'aurait le pont en service, on a décidé de donner aux « Cantilevers » des grandes travées, un relèvement de (10″) 254 *mm* à leur extrémité libre, c'est-à-dire que le niveau du rail devait être là de (10″) 254 *mm* plus haut qu'au droit des piles, sans charge sur le tablier. Pour réaliser cette forme, on a dû tenir compte de la flexion que prendrait la construction à mesure de l'avancement, et on a, pour cela, établi les pièces comme si elles devaient venir à (20″) 508 *mm* au-dessus de l'horizontale. Ce n'est qu'en se guidant sur les calculs qu'on a pu obtenir le résultat désiré.

Adjudication et exécution des travaux.

Adjudication. — La mise en adjudication eut lieu le 21 décembre

1882 : les travaux furent adjugés à Sir Thomas Tancred, W. Arrol et C°, pour la somme de £ 1 600 000, environ 40 000 000 *f.*

Commencement des travaux. — Les travaux commencèrent dans les premiers mois de l'année 1883. A South-Queensferry, des ateliers complets, munis des machines-outils les plus perfectionnées pour le travail des métaux, et comprenant, entre autres machines remarquables, une presse hydraulique à quatre cylindres, pouvant développer un effort de 1 000 *t*, pour le cintrage des tôles des tubes. Une usine hydraulique avec accumulateur, distribuant la pression à 70 atmosphères dans les ateliers, dans les chantiers et jusqu'à la grande pile sud.

Une usine électrique, faisant fonctionner, en pleine activité, 80 lampes à arc de 3 000 bougies et 500 lampes à incandescence. Les bureaux et logements des ingénieurs et employés de la Compagnie et des entrepreneurs furent également installés sur ce point, ainsi que des logements pour les ouvriers, des cantines, des magasins, une église, etc. Ces ateliers furent réunis par une voie de chemin de fer au North British Railway et à l'estacade conduisant aux piles du viaduc et à la grande pile Sud, par un plan incliné, par lequel tous les matériaux, arrivant par chemin de fer ou provenant des ateliers, ont été descendus pour être employés ou être chargés sur des bateaux, pour aller à l'île Garvie, et à North-Queensferry.

A l'île Garvie, des estacades très importantes, une usine hydraulique, une usine électrique furent aussi montées.

Il en fut de même à North-Queensferry ; enfin on aura une idée de l'importance des installations qui ont été faites et du matériel destiné au travail, quand on saura que tout cela a coûté près de 10 millions.

Nature des terrains. — Le terrain qui forme les deux versants et le lit du golfe est composé (fig. 7), du côté de South-Queensferry, de roches schisteuses qui sont apparentes jusqu'à la sixième pile du viaduc ; elles sont recouvertes par une couche de vase d'abord, et plus loin par une couche d'argile, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée par les sondages ; ces couches se continuent et forment le lit du premier chenal ; puis des roches basaltiques émergent vers le milieu et forment l'île d'Inch-Garvie ; elles disparaissent de nouveau sous le lit du deuxième chenal, où elles sont recouvertes par la vase et l'argile, et reparaissent sur la rive à North-Queensferry.

Fondation et Maçonnerie des Piles.

Piles des viaducs. — La fondation des piles des viaducs d'approche n'a présenté aucune difficulté, du côté de North-Queensferry : toutes les fondations se trouvent au-dessus du niveau de l'eau, et le sol sur lequel elles ont été construites, était formé de roches basaltiques très dures : il a suffi de régler le terrain et de commencer ensuite la maçonnerie qui est en moellons de basalte et en mortier de ciment; les parements sont en moellons de bossage, en granit d'Aberdeen ; les angles et encadrements sont en pierre de taille de même provenance. Ces piles furent, d'abord, élevées de ce côté à environ 40′(12,20 *m*) au-dessus de l'eau, pour être continuées plus tard comme nous le dirons.

Du côté de South-Queensferry, six des piles ont été fondées à sec sur le rocher; pour les quatre dernières, on a dû avoir recours a des batardeaux, le terrain se trouvant au-dessous de marée basse, et se composant: 1° d'une couche de vase, variant de 2′ à 10 d'épaisseur, puis d'une couche d'argile très dure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée. Les batardeaux étaient formés de deux files de pieux battus jointivement à la sonnette à vapeur ; l'intervalle entre ces deux coffres qui était d'une largeur de 6′ (1,83*m*) fut rempli d'argile ; par des épuisements énergiques, le sol fut mis à sec, nettoyé, et la fondation a été commencée et continuée jusqu'au-dessus de marée haute : les parements de ces piles sont, comme ceux de North-Queensferry, en granit d'Écosse; la construction de chaque batardeau et pile a duré dix mois; cependant tout a bien marché, aucun accident ne s'est produit. Toutes ces piles ont été laissées à une hauteur de (30′) 9,15 *m* environ au-dessus de marée haute, et ont été ensuite continuées jusqu'à (140′) 42,70 *m* leur hauteur définitive, de la façon que nous indiquerons plus loin.

Piles principales.

Chacune des trois piles principales se compose elle-même de quatre éléments cylindriques en maçonnerie, placés comme l'indiquent les dessins, ayant à la base (70′) 21,35 *m* de diamètre, puis se réduisant à (60′) 18,30 *m*, et enfin à 18′ au-dessus de marée haute, c'est-à-dire au niveau auquel se termine la maçonnerie et où commence la pile métallique, il n'y a plus que (49′) 14,95 *m* : le parements sont en moellons de bossage et en pierre de taille de granit.

Fondations à North-Queensferry.

Trois des éléments de la pile de North-Queensferry n'ont rien présenté de remarquable en ce qui touche la fondation, le sol étant du roc et se trouvant au-dessus de l'eau; le quatrième se trouvait en partie à sec et en partie dans l'eau, et le point le plus bas sur le pourtour de la fondation était à (19′) 5,80 *m* sous basse mer (Fig. 12) ; on résolut là d'établir un batardeau formé de deux rangées de pieux armés de forts sabots en fonte, entre lesquelles on a fait une corroi d'argile ; on a pu, non sans de grandes difficultés, arriver à épuiser à l'intérieur de ce coffrage, pour préparer le terrain et faire ensuite une maçonnerie de blocages à peu près à sec. Le travail, jusqu'au jour où on a pu commencer les maçonneries, a duré seize mois.

Fondations à Inch-Garvie.

Piliers Nord-Est et Nord-Ouest. — Des quatre éléments composant la pile, les deux éléments Nord ont été fondés pour ainsi dire à sec, le sol se trouvant en partie au-dessus de l'eau à marée basse ; mais, comme la surface du rocher avait une forte inclinaison, on résolut, pour bien maintenir la maçonnerie inférieure au-dessous de basse mer (Fig. 13), de l'enfermer dans une enceinte en tôle épousant la forme du sol, à l'intérieur de laquelle le rocher devait être taillé en gradins. Cette enceinte était formée d'un anneau de (60′) 18,30 *m* de diamètre, composé de trois épaisseurs de tôle de 12,5 *mm*, dont l'une, celle du milieu, descendait jusqu'au sol. On avait auparavant relevé très exactement le relief du roc sur tout le développement de cette enceinte. Dans les parties de la circonférence où le roc était au-dessus de (2′) 0,60 *m* sous marée basse, on creusa une tranchée de (8′) 2,44 *m* de largeur dans le roc jusqu'à cette profondeur pour y faire reposer l'anneau. Quand l'anneau fut en place, ainsi que les panneaux de tôle préparés spécialement, qui étaient en contact presque exact avec le terrain, on fit poser par des plongeurs, à l'extérieur de l'enveloppe, quatre couches de sacs de béton, pour former une muraille, en garnissant les intervalles d'argile plastique bien bourrée ; à l'intérieur de l'enceinte furent aussi mis des sacs d'argile appuyés sur des sacs de béton ; dans l'intervalle entre ces sacs et la muraille de tôle, les plongeurs bourrèrent alors un remplissage en mortier de ciment, pour faire un joint entre l'anneau, le terrain et les sacs ; de

même que dans la rainure pratiquée dans le rocher aux endroits où le tranchant touchait directement le sol. L'anneau en tôle fut alors surmonté d'un batardeau démontable en tôle, s'élevant à (10′) 3,05 *m* au-dessus.

Pour la pile Nord-Est, on dut faire descendre l'anneau en tôle jusqu'à (8′) 2,44 *m* sous basse mer. Pour la pile Nord-Ouest, l'anneau dut descendre jusqu'à (15′) 4,57 *m* sous basse mer, et cela sur environ moitié du périmètre. Dans ce cas, l'armature dut être renforcée par trois ceintures horizontales en tôle et cornières, contre-butées elles-mêmes par des étais en fer prenant appui sur le roc à leur extrémité. On eut assez de difficultés à assurer l'épuisement à l'intérieur de ce batardeau, et ce travail demandait, avec deux pompes centrifuges fournissant chacune un débit de 6 000 à 7 000 litres par minute, environ une heure à chaque marée descendante.

Quand le batardeau fut bien étanche, on prépara le terrain, et on fit le travail de maçonnerie d'une manière intermittente, en épuisant à chaque marée, à partir de la demi-marée. A chaque marée montante, on laissait l'eau entrer, quand le niveau était près d'atteindre le bord supérieur du batardeau. Il a ainsi fallu neuf mois de travail avant qu'on pût commencer la maçonnerie.

Pile de South-Queensferry. — Les quatre éléments formant la grande pile de South-Queensferry sont fondés sur caissons : les deux du Sud à (71′ et 73′) 21,60 *m* et 22,25 *m*, et les deux Nord à (84′ et 89′) 25,60 *m* et 27,15 *m* sous marée haute.

Les auteurs du projet décidèrent que ces piles seraient fondées à l'aide de l'air comprimé. En relation avec l'un des entrepreneurs, sir Th. Tancred, nous fûmes invité par celui-ci à nous charger de la fondation de ces quatre piles. Les caissons (Fig. 14, 15, 16) ont à la base (70′) 21,34 *m* de diamètre, et 357,35 m^2 de surface : ils sont cylindriques sur une hauteur qui varie de (28′ à 43′) 8,50 *m* à 13,10 *m*, suivant la profondeur à laquelle ils sont descendus ; puis ils affectent la forme tronconique sur (24′) 7,22 *m* de hauteur, avec un diamètre de (60′) 18,29 *m*; c'est ce qui compose le caisson proprement dit, et qui reste lié à la maçonnerie. Sur le sommet du tronc de cône qui se trouve à environ (1′) 0,30 *m* sous marée basse, un batardeau a été boulonné avant le fonçage du caisson ; à l'abri de ce batardeau, la pile a été achevée, puis le batardeau, qui avait (30′) 9,14 *m* de hauteur a été enlevé.

Tout le matériel de fonçage et les caissons ont été étudiés par les Ingénieurs anglais ; ils ont des épaisseurs auxquelles nous ne sommes plus depuis longtemps habitués sur le continent : ces caissons pèsent plus de 1 000 *kg* par mètre superficiel. Ils ont été construits, à leur hauteur entière, sur la rive de South-Queensferry, puis mis à l'eau par lançage, de la même manière qu'on fait pour les navires ; ils ont été ensuite remorqués et amenés dans la position qu'ils devaient occuper. On les a d'abord chargés sur le plafond d'une couche de béton, dont la composition est, comme pour celui employé dans tout le pont, de 1 de ciment, 1,50 de sable et 5 parties de pierre cassée ; comme ces caissons sont à double paroi, celle intérieure étant espacée de l'autre de (5'6") 1,65 *m*, on a rempli l'intervalle également avec du béton. Aussitôt que le caisson a touché le fond et qu'il a été suffisamment chargé pour ne plus se relever à marée haute en soufflant dans la chambre de travail, les ouvriers sont descendus, par les écluses placées à la partie supérieure au-dessus du niveau de l'eau, dans la chambre de travail et ont commencé à déblayer le fond, qui se composait premièrement d'une couche de vase peu résistante variant de 4 à 6 *m* d'épaisseur, puis d'une couche d'argile entièrement résistante, tantôt remplie de rognons de silex, tantôt pure, dont l'épaisseur n'a pas été déterminée même par des forages poussés jusqu'à (200') 61 *m*.

La vase a été évacuée de la chambre de travail, partie par l'air comprimé qui la refoulait par-dessous le tranchant, partie par des éjecteurs. Quant à l'argile, sa résistance était telle que les ouvriers parvenaient à peine à l'entamer avec des outils spéciaux ; aussi des essais de désagrégation à la poudre, à la dynamite, à l'eau, furent-ils faits sans produire aucun résultat ; quand il vint à l'idée du chef de service, de se servir de la pression hydraulique qu'il avait sous la main, pour faire fonctionner une *pelle hydraulique*, qui fut immédiatement construite par M. Arrol (fig. 17). Cette pelle se composait d'un cylindre en fer, dans lequel circulait un piston à l'extrémité de la tige duquel était fixée la bêche, Pour la faire fonctionner, on prenait appui sur le plafond de la chambre de travail, l'eau introduite poussait le piston et sa bêche et celle-ci pénétrait dans le sol sur une hauteur de 0,30 *m*. D'observations faites il résulte que, pour entamer le sol de cette façon, il fallait un effort sur celui-ci de 60 *kg* par centimètre carré. Les morceaux d'argile ainsi détachés étaient chargés dans une benne mesurant 0,75 m^3 ; celle-ci était enlevée dans l'*écluse à déblais*, par

un treuil à vapeur (Fig. 18); au sommet, les deux portes étaient manœuvrées par des pistons hydrauliques, puis la benne était enlevée de l'écluse par une grue à vapeur placée sur le sommet du batardeau (Fig. 19).

Les ouvriers travaillant dans les caissons n'ont pas été incommodés jusqu'au moment où la pression a dépassé deux atmosphères : à partir de ce moment et successivement au fur et à mesure de l'augmentation de pression, ils sont tous devenus malades, la plupart légèrement et quelques-uns gravement, à ce point que les équipes ont dû être renouvelées trois fois ; et cela, malgré les précautions prises, telles que l'éclusage lent pour la sortie, le chauffage des sas, les bains, les heures de travail réduites à trois par poste. La pression a atteint par moments jusqu'à trois atmosphères, et il était grand temps que le travail finisse, car les ouvriers, qui étaient de nationalités française, belge et italienne, n'en pouvaient plus. Le grand malaise que ces ouvriers éprouvaient, doit non seulement être attribué à la pression, mais aussi aux gaz dégagés par le terrain, gaz qui, de temps à autre, s'enflammaient sans cependant produire de détonation.

L'éclairage des chambres de travail était fait par des lampes électriques à incandescence. Le travail de fondation a régulièrement marché, sauf pour le caisson N.-O., auquel est arrivé un accident. Ce caisson n'était pas encore amarré à sa place définitive et était chargé d'environ 2 000 *t*, et, à chaque marée basse, il touchait le fond; à une certaine marée, il est resté collé à la vase; la marée en montant est passée par-dessus la partie supérieure et l'a rempli; à marée descendante, aucun contremaître ni ouvrier ne se trouvant là, car c'était à la Noël, l'eau est restée dans le caisson, elle l'a chargé considérablement; le couteau, du côté du thalweg du chenal, s'est enfoncé dans la vase et le caisson s'est tellement incliné, que sa partie supérieure s'est trouvée sous l'eau, même à marée basse. Cet accident aurait pu être évité, si l'on avait fait écouler l'eau de l'intérieur, à la marée descendante. Il fallut le relever pour le ramener à sa place et le foncer. A la suite d'essais infructueux, le moyen suivant a été employé pour son relevage : autour du caisson, on a descendu au niveau du terrain un anneau en acier d'un diamètre supérieur de 0,30 *m* à celui du caisson; dans cet anneau on a placé des palplanches à rainures et languette tout autour du caisson, formant ainsi comme un immense tonneau qui, quand il a été entretoisé intérieurement, a été capable de

résister à la pression de l'eau; en épuisant à l'intérieur, le caisson s'est relevé; il a été ramené à sa place et foncé sans difficultés.

Piliers Sud-Est et Sud-Ouest d'Inch-Garvie (Fig. 20 et 21). — Des quatre éléments composant la pile d'Inch-Garvie, les deux éléments sud qui sont descendus l'un à (75′) 22,87 *m*, l'autre à (82′) 25,01 *m*, sous marée haute, ont présenté le plus de difficultés : la roche basaltique sur laquelle ils sont foncés était fortement inclinée, présentant sur les (70)′ 21,34 *m*, d'un côté à l'autre du caisson, une différence de niveau de près de 6 *m*. Le projet qui avait été adopté et qui avait reçu un commencement d'exécution, consistait à construire des caissons sans fond à double paroi, celle intérieure laissant un espace destiné à être rempli de béton et d'argile, la partie inférieure découpée exactement suivant les sinuosités de la roche. Ces caissons, dont la construction était commencée, devaient être amenés à leur place par des flotteurs, puis descendus sur la roche; l'espace annulaire devait être rempli de béton; à l'extérieur, on devait couler des sacs de béton et entre ceux-ci et la tôle du caisson, du ciment liquide, puis épuiser. Ce procédé, qui rappelait celui employé par Brunel au pont de Saltash et qui présenta là tant de difficultés, ne semblait pas satisfaire entièrement les Ingénieurs : épuiser sur une hauteur de 22 *m* environ, pour pouvoir aller entailler le fond, afin de ne pas établir la pile sur un plan incliné, semblait extrêmement chanceux. Invité par sir J. F. Fowler, M.-B. Baker et les constructeurs, à donner notre opinion sur ce projet, nous le déconseillions, tout en proposant de construire les deux éléments au moyen de caissons et d'air comprimé, en indiquant un mode d'exécution précis pour la mise et le maintien en place de ces caissons. Notre proposition fut adoptée et nous prîmes l'engagement d'exécuter à forfait, dans les huit mois, sous peine d'une forte amende par jour de retard, et par contre, sous bénéfice d'une prime par jour d'avance, la fondation de ces deux éléments, avec responsabilité entière. Le travail a régulièrement marché et sa durée a été de six mois pour les deux.

Voici comment on a procédé : on a rempli de sable environ 50 000 sacs qui, chargés dans des bateaux, ont été amenés et coulés pendant les étales de marée haute et de marée basse sur le roc, dans les parties les plus basses à l'emplacement du tranchant du caisson; un sol artificiel a été ainsi formé et a été élevé jusqu'à 1 *m* au-dessus du point le plus haut du rocher. Le caisson a été

alors amené à sa place, puis chargé de béton jusqu'à ce que, à marée haute, en soufflant dans la chambre de travail, il ne se relève plus, ce qui, à marée basse donnait sur le tranchant une charge d'environ 2 000 *t;* celui-ci vint d'un côté s'appuyer sur le rocher, et, sur la majeure partie de son pourtour, sur les sacs à travers lesquels il pénétra, jusqu'à ce que ceux-ci vinssent rencontrer la banquette de 1 *m* de largeur placée à mi-hauteur des consoles de la chambre du travail; la surface d'appui devenant considérable et la charge sur les sacs n'étant plus que de 2 à 3 *kg* par cm^2, le caisson s'est arrêté et cela tout à fait horizontalement. Les ouvriers sont alors descendus dans la chambre, et le déblai de la roche a été exécuté. Comme nous l'avons dit, cette roche est de basalte : il a fallu la faire sauter à la mine ; les trous ont été percés à l'aide de perforatrices Eclipse mues par l'air comprimé ; l'explosif employé a été la tonite, espèce de coton-poudre, donnant peu de fumée et de gaz, à ce point que les ouvriers se contentaient de se retirer dans la cheminée d'écluse pendant l'explosion des mines. Le feu était mis à celles-ci au moyen de l'électricité, par une dérivation prise sur le courant alimentant les lampes électriques. Le rocher a été enlevé de façon à former, sur toute la surface des caissons, une surface d'appui tout à fait horizontale. Les chambres de travail ont été alors remplies de béton; la partie supérieure des caissons également et la fondation s'est ainsi trouvée achevée. La partie au-dessus de marée basse a été achevée à l'abri des batardeaux dont nous avons parlé en commençant.

Le travail est représenté sur les figures 20 et 21, qui montrent l'une, la coupe du caisson avant son fonçage, et l'autre, la pile terminée.

Achèvement des Piles du Viaduc. — Les poutres de tablier des viaducs ont été montées et entièrement terminées, quand les piles en maçonnerie avaient atteint la hauteur de (40′) 12,20 *m* au-dessus de l'eau ; on a terminé alors l'élévation de ces piles progressivement et en élevant à mesure le tablier, jusqu'à la hauteur définitive de (150′) 46,25 *m;* ce levage a été fait au moyen de vérins hydrauliques, par étages de (6′) 1,83 *m*, et en prenant chaque fois appui sur la maçonnerie déjà terminée. Ce procédé, qui était très sûr comme exécution, a dû être peu économique, et il aurait sans doute été préférable et plus rapide d'opérer par lançage, pour ces poutres droites, en terminant d'abord les piliers.

Partie métallique.

Travail de l'atelier. — Tout l'acier employé dans la construction a été usiné à l'atelier spécial installé auprès du chantier. Tous les trous ont été forés ; les cornières, plats, tôles ont été coupés à la scie et non cisaillés.

Construction des Tubes. — Les tôles d'acier, composant les tubes des piles principales, les membres inférieurs des grandes travées et aussi les croisillons comprimés ont été embouties au moyen d'une presse hydraulique de 1 000 *t*, refroidies ensuite avec beaucoup de soins, puis chanfreinées à froid sur tout leur pourtour; elles avaient une longueur de (16′), 4,88 *m*, et une largeur de (51″), 1,295 *m*.

Pour le perçage de ces tôles, elles étaient montées, à l'aide de serre-joints, sur leur squelette, placé lui-même sur des chantiers spéciaux en bois ; une machine spéciale à huit forets (fig. 22), mue par la vapeur et circulant sur les rails de chaque côté du tube, faisait le travail de perçage des tôles et membrures assemblées ; l'épaisseur de ces tôles variait de 0,028 à 0,032 *m*.

Membrures supérieures. — Les tôles et cornières formant les poutres de membrures supérieures, étaient d'abord assemblées avec serre-joints puis les trous percés à la fois à travers toutes les épaisseurs à réunir, par une machine à onze forets, qui mettait en œuvre environ 8 000 *kg* de métal par jour.

Montage (fig. 23, 24, 25). — Le montage a été commencé sur les trois piles principales en même temps, en 1886. Les membres inférieurs ont été posés avec les grues, jusqu'à la hauteur de 7 à 8′ au-dessus de la maçonnerie. A cette hauteur, une plate-forme composée des membres supérieurs de la pile, fut établie de la façon suivante : dans chacun des tubes verticaux et transversalement, deux des tôles étaient laissées provisoirement à poser, deux grandes poutres en acier venaient les traverser et former, avec deux autres placées dans l'autre sens, le cadre de la plate-forme, sur lequel un plancher solide était établi ; on vint monter les grues et autres accessoires nécessaires au montage. Cette plate-forme était élevée par des presses hydrauliques qui, en plusieurs courses, élevaient la plate-forme de la hauteur d'une tôle. A cette plate-forme, étaient suspendues les cages de rivetage avec leurs presses hydrauliques, qui pouvaient, sans déplacement de la cage, river une hauteur de 16′ (4,88 *m*).

Quand cette plate-forme fut arrivée au sommet des colonnes, elle fut rivée à celles-ci et la pile fut terminée. Le montage des membres inférieurs se fit à l'aide de grues placées sur la partie supérieure et sur la poutre devant porter la voie. Les grues du sommet étaient à vapeur et hydrauliques, elles avaient un poids de 50 *t;* elles mettaient les tôles et cornières des membres inférieurs et supérieurs en place, et servaient à faire avancer les cages à river.

Les croisillons étaient mis en place et rivés de la même façon.

Disposition et montage des poutres des travées centrales.

(Fig. 26, 27, 28, 29, 30.)

Les deux poutres centrales des grandes travées, dont la longueur est de (350′), **106,24** *m*, et les hauteurs au milieu et aux extrémités, respectivement de (50′), **15,25** *m* et (40′), **12,20** *m*, ont été montées par la même méthode que les Cantilevers, en faisant l'avancement en porte-à-faux.

Il est intéressant tout d'abord d'exposer de quelle manière ces poutres reposent sur les extrémités des deux Cantilevers voisins, en vue de permettre les mouvements relatifs qui peuvent se produire, résultant des diverses causes suivantes :

1° La dilatation et la contraction par les changements de température ;

2° Les flexions sous l'action des charges roulantes;

3° Les mouvements transversaux que peuvent prendre séparément les extrémités des Cantilevers, sous l'action du vent, agissant sur l'un des Cantilevers ou sur les deux à la fois; et aussi par l'effet du soleil frappant l'une des faces du pont.

La poutre centrale, du côté de South-Queensferry par exemple, comme il a déjà été dit, est fixée, à un de ses bouts, au Cantilever du côté de la rive, et ne peut ainsi avoir de mouvement longitudinal que par rapport au Cantilever d'Inch-Garvie : elle devait donc être tenue à ses deux extrémités par des moyens différents. A l'extrémité de South-Queensferry, elle repose par sa partie inférieure (fig. 27), sur deux axes horizontaux de (9″), 0,229 *m* de diamètre portés par des supports qui peuvent avoir un petit mouvement de glissement circulaire, sur l'extrémité du Cantilever. La raison de ce mouvement est que la poutre est de plus reliée au Cantilever par deux axes verticaux (fig. 28), placés

dans l'axe du pont, dans les traverses du haut et du bas de la poutre, et formant comme une charnière à axe vertical.

A l'extrémité d'Inch-Garvie, la poutre est reliée aussi au Cantilever par deux axes semblables, mais qui peuvent là avoir une course de 2′ (0,61 *m*), dans des glissières fixées au Cantilever. La poutre repose en ce point sur la membrure inférieure du Cantilever, par l'intermédiaire de deux poteaux (fig. 26), formant béquilles, et de toute sa hauteur, qui se terminent à leurs extrémités par des têtes sphériques faisant genouillères, qui s'appuient dans des sabots correspondants fixés au Cantilever et à la poutre ; ces poteaux peuvent osciller dans certaines limites.

On voit ainsi que la poutre peut prendre des mouvements dans tous les sens, par rapport aux deux Cantilevers qui la supportent.

Pour mettre la poutre en place, on a procédé en fixant provisoirement ses extrémités aux deux Cantilevers terminés, et en montant la moitié de la longueur en porte-à-faux de chaque côté.

A la partie supérieure, la membrure de la poutre fut reliée à celle du Cantilever par quatre forts tirants, chacun d'une section de 26″ × 2″ 1/4 (0,66 × 0,057 *m*). A la partie inférieure, on a fait appuyer la poutre sur le montant extrême du Cantilever, par des plaques et des coins d'acier (fig. 26 et 27), au bas de chaque montant, de manière à faire relever le milieu de la poutre d'une certaine quantité (3″ 1/2) ou 0,089 *m*, tout en tenant compte de la flexion que prendrait elle-même la moitié de poutre montée en porte-à-faux.

Quand les deux extrémités se sont ainsi présentées l'une en face de l'autre, on a d'abord pu réunir les membrures inférieures, et cela en choisissant le moment où la dilatation, par un maximum de température, a amené les pièces dans la position convenable. Quand, la membrure inférieure une fois reliée, la température a baissé, cette membrure, qui avait une forme arquée vers le haut, s'est redressée en se contractant, et a permis de retirer les coins contre lesquels elle prenait appui ; on a donc pu relier alors les membrures supérieures, et, en retirant les tirants qui les supportaient, faire reposer la poutre sur ses appuis définitifs. On a constaté, après l'achèvement, que la poutre conservait un relèvement au milieu de 3″ 7/8 (98 *mm*), et était parfaitement rectiligne en plan.

Pour la deuxième poutre centrale, côté North-Queensferry, on a procédé de la même manière.

Importance de l'ouvrage et dépense.

L'importance de l'ouvrage sera donnée brièvement et d'une manière suffisante, par les quantités des divers matériaux qui sont entrés dans sa construction :

Il y est entré, comme maçonneries de diverses natures, les quantités approximatives suivantes :

Maçonnerie de granit . .	18 120 m^3
— de blocage .	47 683 —
Béton	49 265 —
Quantité totale. . .	115 068 m^3 de maçonnerie.

Les quantités de métal, entrant dans le pont lui-même, sont les suivantes :

Poids des trois tours sur les piles principales. . .	16 667 *t*
— six Cantilevers.	34 291 *t*
— deux viaducs d'approche	3 118 *t*
Poids total de l'acier employé.	54 076 *t*

De la somme des deux premiers chiffres, il ressort un poids, par pied courant de pont du « Cantilever system », de 9 *t* 11 *cwt*, soit 31 780 *kg* par mètre courant de tablier.

Le prix total de l'ouvrage s'est élevé à la somme de £ 3 000 000 environ, soit 75 000 000 *f*.

Les fondations sont à compter dans ce chiffre pour vingt millions environ. Il résulte ainsi, pour la partie métallique, un prix d'environ 1 *f* le kilo, dans lequel le prix de la main-d'œuvre seule est à compter pour £ 6,17/9, par tonne de métal monté et rivé, soit 173,56 *f* par 1 000 *kg*.

Le travail, commencé en avril 1883, a été terminé en février 1890, et le nombre d'ouvriers employés a été en moyenne de 3 000 environ, et a atteint par moments le chiffre de 4 600.

Essais du pont.

Le 24 janvier 1890, eurent lieu les essais préliminaires du pont, qui furent faits comme suit :

On fit entrer de front sur le pont deux trains composés chacun de 2 locomotives de 72 *t*, l'une à l'avant, et de 50 wagons de 13 500 *kg* chaque, plus une locomotive de 72 *t* à l'arrière. Chacun

de ces trains pesait 900 *t* et occupait une longueur de 304,50 *m*. Les trains s'avancèrent lentement, jusqu'à ce que les deux machines de tête fussent arrivées aux trois quarts de la poutre centrale réunissant Inch-Garvie à South-Queensferry ; la machine d'arrière était ainsi à peu près au centre de la pile de Queensferry : c'était la position la plus défavorable pour le Cantilever de Queensferry. On observa les effets suivants : les colonnes de Queensferry furent amenées ainsi vers le nord de 1″ 3/8 soit (35 *mm*) ; la flexion maxima fut de 5″ (127 *mm*) à l'extrémité nord d'Inch-Garvie. L'extrémité sud d'Inch-Garvie fléchit de 1″ 5/8 (41 *mm*). La partie sud du Cantilever de Queensferry, à laquelle il manquait encore 200 *t* de lest, se souleva de tout le jeu existant sur ses supports, et prit un relèvement de 1″ 1/8 (28,5 *mm*).

Les trains se remirent en marche jusqu'au moment où ils furent dans la même position que ci-dessus sur le Cantilever d'Inch-Garvie. Dans cet état, les colonnes d'Inch-Garvie furent amenées vers le nord de 1″ 1/4(32 *mm*), et les colonnes North-Queensferry de 1/2″ (12,5 *mm*) vers le sud. La flexion verticale du Cantilever nord d'Inch-Garvie fut de 6″ 7/8 (175 *mm*), et il y eut au sud un relèvement de 3″ 1/2 (89 *mm*).

Pendant tous ces essais, la construction tout entière s'est montrée d'une rigidité absolue, et on n'y ressentait pas plus de vibration que sur un quai en maçonnerie, « on a rock embankment », suivant les termes mêmes employés par l'Ingénieur qui nous communiquait les résultats indiqués plus haut.

MÉMOIRE

SUR

LA STATIQUE GRAPHIQUE

DES ARCS ÉLASTIQUES [1]

PAR

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT

Dans son beau traité de Statique graphique, M. Maurice Lévy a donné une théorie des arcs élastiques, fondée sur des théorèmes qui peuvent, à volonté, être développés analytiquement ou graphiquement.

De ces théorèmes fondamentaux, il a déduit notamment une construction très simple de cette ligne remarquable à laquelle il a donné le nom de ligne de poussée et qu'il a utilisée pour la recherche des positions défavorables d'un convoi.

Les théorèmes dont il s'agit reposent sur une hypothèse qui consiste à négliger les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, devant celles généralement beaucoup plus importantes dues au moment fléchissant.

Adoptant la même hypothèse, nous avons, dans un travail précédent (2), indiqué une construction des déformations élastiques des pièces courbes assujetties à certaines liaisons, et donné, en ce qui concerne les arcs encastrés, une méthode de détermination des effets des charges fixes, ainsi que des théorèmes qui fournissent

(1) Une analyse de ce Mémoire a été insérée aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences (tôme CX, n° du 31 mars 1890), sur la présentation de M. Maurice Lévy.

(2) Mémoire sur les déformations élastiques des pièces et des systèmes de pièces à fibres moyennes planes ou gauches. — Théorie nouvelle et applications. (Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, d'août 1888 et de mars 1889).

immédiatement un tracé géométrique simple des diverses lignes d'influence relatives à ces arcs.

L'approximation obtenue en négligeant la tension longitudinale et l'effort tranchant, est d'ordinaire suffisante en pratique. Cependant il est des cas, — notamment lorsqu'il s'agit d'arcs surbaissés, — où les déformations dues à la tension longitudinale ont une importance telle qu'il est nécessaire d'en tenir compte dans les calculs et dans les épures. Aussi avons-nous pensé qu'il y avait intérêt, au double point de vue de la théorie et des applications, à rechercher si on ne pourrait, par une modification simple, introduire dans les théorèmes dont nous venons de parler, les quantités actuellement négligées, tout en conservant à ces théorèmes leur forme d'ensemble qui se prête si bien aux développements graphiques.

C'est l'objet du présent Mémoire.

Dans la première partie de ce Mémoire, nous indiquons la modification qui permet l'introduction des déformations dues à la tension longitudinale, à l'exclusion de celles dues à l'effort tranchant.

Dans la seconde partie, nous généralisons la méthode en indiquant la modification qui permet de tenir compte également des déformations de l'ordre de l'effort tranchant : les théorèmes prennent alors une entière rigueur.

Sous leur nouvelle forme, approchée ou rigoureuse, ces théorèmes peuvent se développer analytiquement ou graphiquement de la même manière que sous leur forme primitive.

Une question quelconque relative aux arcs élastiques est, dès lors, susceptible de trois solutions analogues quant à la méthode, mais différentes quant au degré d'exactitude : la première néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant; la seconde, plus approchée, ne néglige que les déformations dues à l'effort tranchant; la troisième est entièrement rigoureuse.

Dans les applications, le choix de la solution à adopter sera déterminé par les conditions particulières au problème posé et par l'approximation qu'on se proposera d'obtenir.

Les formules générales de la déformation élastique contiennent relativement à chaque section, trois quantités dépendant des forces extérieures ; ce sont le moment fléchissant, la tension longitudinale et l'effort tranchant.

Ces quantités sont d'ordre d'homogénéité différent, en quelque

sorte d'essence différente : la première est le produit d'une force par une longueur, les autres sont des forces. De là résulte la difficulté, — sinon l'impossibilité, — de les faire intervenir simultanément et au même titre dans des théorèmes ou des constructions géométriques (1).

Aussi les avons-nous remplacées par d'autres quantités analogues entre elles, qui sont les sommes des moments des forces extérieures agissant à droite ou à gauche de chaque section, par rapport à deux ou trois points convenablement choisis.

Cette substitution est le fondement de la théorie que nous allons exposer.

PREMIÈRE PARTIE

Introduction de la tension longitudinale dans les théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

CHAPITRE PREMIER

Expressions nouvelles des déformations élastiques ; conséquences.

§ 1. — Points conjugués et lignes conjuguées

Soient (fig. 1, page 405) :

D le centre de gravité d'une section quelconque d'un arc A B (nous désignerons également cette section par la lettre D) ;

S l'aire de cette section ;

I son moment d'inertie et r son rayon de giration autour d'un axe perpendiculaire au plan de flexion et passant par son centre de gravité.

On a

$$r^2 = \frac{I}{S}. \qquad (1)$$

(1) Un moment ou, plus exactement, un couple peut être cependant considéré comme une force infiniment petite agissant à l'infini ; mais il est clair encore qu'à ce second point de vue un couple ne saurait entrer dans des tracés concurremment avec des forces finies agissant à distance finie.

Au-dessous et au-dessus de D, portons sur la normale à la ligne moyenne, contenue dans le plan de cette ligne, deux longueurs DH″ et DH‴ égales à r.

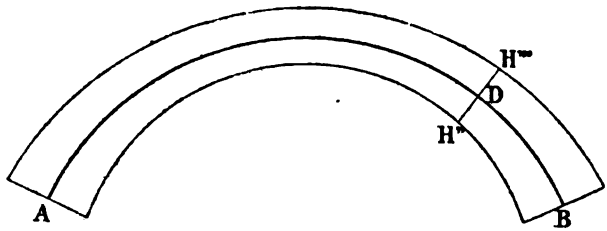


Fig. 1.

Les points H″ et H‴ sont les sommets de l'ellipse centrale d'inertie de la section D.

Nous les appellerons *points conjugués*.

En répétant la même construction pour toutes les sections de l'arc, on obtient, comme lieux des points H″ et H‴, deux courbes équidistantes de la ligne moyenne, auxquelles nous donnerons le nom de *lignes conjuguées*.

Le lieu des points H″ sera la ligne conjuguée *inférieure*, celui des points H‴, la ligne conjuguée *supérieure*.

On voit que la ligne moyenne et les deux lignes conjuguées se correspondent point par point et élément par élément.

Les points correspondants sont situés sur une même normale à la ligne moyenne.

Les éléments correspondants sont compris entre deux normales à la ligne moyenne.

Remarque. — Dans un calcul d'avant-projet, on ne connaît pas les aires et les moments d'inertie des sections ; les rayons de giration r sont donc inconnus et il en est de même des lignes conjuguées. Mais on y supplée aisément, en remarquant que les hauteurs h des sections, entre tables, sont généralement des quantités données, et qu'on peut, avec une approximation suffisante, prendre

$$r = \frac{h}{2}.$$

§ 2. — Moments conjugués. — Leurs expressions en fonction du moment fléchissant et de la tension longitudinale.

Soient M le moment fléchissant et N la tension longitudinale dans la section D (fig. 1).

Nous convenons de considérer, dans l'évaluation de ces quantités, les forces extérieures agissant à droite de D. Le sens positif des moments est celui de la rotation des aiguilles d'une montre : le sens positif des tensions longitudinales est celui de la gauche vers la droite de la tangente en D à la ligne moyenne.

Désignons respectivement par $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ les sommes des moments par rapport aux points conjugués H'' et H''', des forces extérieures appliquées à droite de la section D.

Nous donnerons à $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ le nom de *moments conjugués* en la section D.

$\mathfrak{M}''$ sera le moment conjugué *inférieur*, $\mathfrak{M}'''$, le moment conjugué *supérieur*.

Il est clair que l'on a, en vertu du théorème des moments,

$$\mathfrak{M}'' = M + Nr, \tag{2}$$

$$\mathfrak{M}''' = M - Nr. \tag{3}$$

D'où l'on tire

$$M = \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2}, \tag{4}$$

$$N = \frac{\mathfrak{M}'' - \mathfrak{M}'''}{2r}. \tag{5}$$

§ 3. — Expressions des déformations élastiques en fonction des moments conjugués.

Déplacements linéaires. — Nous avons établi dans un travail précédent (1), que le déplacement élastique d'un point quelconque C d'un arc AB, estimé suivant une direction arbitrairement choisie Δ (fig. 2), était donné par la formule suivante, qui ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant :

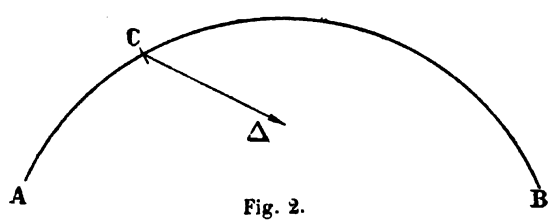


Fig. 2.

$$l = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES}\right) ds. \tag{6}$$

ds désigne un élément quelconque de la ligne moyenne.

(1) *Mémoire sur les déformations élastiques des pièces et des systèmes de pièces à fibres moyennes planes ou gauches* (§ 9). (Bulletin de la Société des Ingénieurs civils d'Août 1888.)

E est le coefficient d'élasticité longitudinale de la matière.

μ et ν représentent le moment fléchissant et la tension longitudinale que produirait, dans chaque section de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, une force auxiliaire égale à l'unité, appliquée en C et ayant la direction Δ.

Désignons par m'' et m''' les moments conjugués inférieur et supérieur que cette force auxiliaire produirait dans chaque section. On a, en vertu des relations générales (4) et (5) qui lient les moments conjugués au moment fléchissant et à la tension longitudinale,

$$\mu = \frac{m'' + m'''}{2}, \tag{7}$$

$$\nu = \frac{m'' - m'''}{2r}. \tag{8}$$

Effectuons dans (6) les substitutions qu'autorisent les formules (4), (5), (7) et (8); il vient

$$l = \int_A^B \left[\frac{(\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}''')(m'' + m''')}{4EI} + \frac{(\mathfrak{M}'' - \mathfrak{M}''')(m'' - m''')}{4ES r^2} \right] ds;$$

ou, en remplaçant r^2 par sa valeur $\frac{I}{S}$ et simplifiant,

$$l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m'''}{2EI} ds; \tag{A'$_0$}$$

Enfin, en posant

$$I' = 2I$$

et en convenant de représenter indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les moments conjugués $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$, et par m' ceux m'' et m''', on peut écrire, pour abréger,

$$l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}' m'}{EI'} ds, \tag{A'}$$

étant entendu que $\mathfrak{M}' m'$ tient lieu des deux termes $\mathfrak{M}'' m''$ et $\mathfrak{M}''' m'''$.

C'est la formule que nous avions en vue.

On remarquera que I' n'est autre chose que le moment d'inertie de chaque section par rapport à un axe mené perpendiculairement au plan de flexion, par l'un des deux points conjugués H'' ou H''' de cette section. En effet, la distance de ces points au centre de gravité de la section étant égale à r, on a, d'après une propriété connue des moments d'inertie,

$$I_{H''} = I_{H'''} = I + Sr^2 = 2I = I'.$$

Déplacements angulaires.—Le déplacement angulaire ou rotation d'une section quelconque C est exprimé par la formule (1)

$$(9) \qquad g = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES} \right) ds,$$

qui ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant.

μ et ν y représentent le moment fléchissant et la tension longitudinale que produirait, en chaque section de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, un couple auxiliaire égal à l'unité, appliqué à la section D et ayant le sens des rotations positives.

En transformant cette formule de la même manière que la formule (6), on obtient

$$(B') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} ds,$$

où m' désigne les moments conjugués, tant inférieur que supérieur, que développerait, en une section quelconque de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, le couple auxiliaire défini précédemment. $\mathfrak{M}'$, E, I', ds ont la même signification que dans (A').

Remarque. — Dans les formules (A') et (B'), nous avons considéré les intégrales comme prises *le long de la ligne moyenne*, et le produit $\mathfrak{M}'m'$ comme représentant la somme $\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m'''$.

On peut se placer à un autre point de vue, qui est utile pour la suite.

Désignons par $d\sigma'$ l'élément de l'une ou l'autre ligne conjuguée, qui correspond à un élément ds de la ligne moyenne. On a identiquement

$$ds = \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma';$$

et, par conséquent

$$l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma',$$

$$g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'m'}{EI'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma'.$$

(1) Mémoire précité (§ 12).

On peut donc considérer les intégrales comme prises *le long des deux lignes conjuguées*, $\mathfrak{M}'m'$ représentant alors les termes $\mathfrak{M}''m''$, $\mathfrak{M}'''m'''$ afférents à l'une et à l'autre de ces lignes, et non plus, comme précédemment, la somme $\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m'''$.

Comparaison. — Si, dans (6) et (9), on néglige les termes contenant la tension longitudinale, on obtient

$$(A) \qquad l = \int_A^B \frac{M\mu}{EI}\, ds,$$

$$(B) \qquad g = \int_A^B \frac{M\mu}{EI}\, ds.$$

On voit que les formules (A′) et (B′) qui tiennent compte implicitement de la tension longitudinale, sont de même forme et aussi simples que celles (A) et (B) qui négligent cette quantité.

On peut prévoir que l'analogie que nous constatons entre ces deux groupes de formules, subsistera dans leurs conséquences respectives.

Ainsi apparaît, dès maintenant, l'utilité de l'introduction des *moments conjugués* dans les formules de la déformation.

§ 4. — Expressions symboliques des déformations élastiques, en tenant compte de la tension longitudinale.

Dans notre Mémoire précité, nous avons démontré (§§ 32 et 33), en partant des formules approchées (A) et (B), deux théorèmes d'où résultent des expressions symboliques et des constructions des déformations élastiques. Ces théorèmes négligent la tension longitudinale.

Si on reprend textuellement les mêmes raisonnements, mais en partant, cette fois, des formules (A′) et (B′), on est conduit à deux théorèmes analogues aux précédents, mais qui tiennent compte de la tension longitudinale.

En voici les énoncés :

Théorème I

Ancien énoncé négligeant la tension longitudinale.	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**
Étant donnée une pièce, de ligne moyenne AB (fig. 3, page 410), *soumise à des forces qui y développent des*	
moments fléchissants M,	*moments conjugués* $\mathfrak{M}'$,

et astreinte à des liaisons quelconques, mais telles que, par la suppression des liaisons surabondantes, on peut la ramener à n'être plus assujettie qu'au premier système de liaisons indépendantes de l'élasticité (point F *fixe et point* E *assujetti à demeurer sur une droite* WW'*);* ***si****, ayant rapporté cette pièce à deux axes coordonnés, l'un ox parallèle à* WW', *l'autre oy perpendiculaire, on applique aux divers éléments*

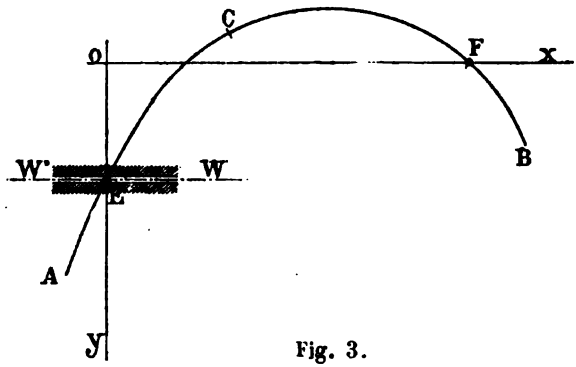


Fig. 3.

ds de la ligne moyenne, des forces fictives	*dσ' des deux lignes conjuguées, des forces fictives*
$\frac{M}{EI}\,ds,$	$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds,$

perpendiculaires à WW' *et dirigées dans le sens des y positifs ou en sens inverse, suivant que*

M	$\mathfrak{M}'$

est lui-même positif ou négatif :

(A). — *En tout point* C *situé entre* A *et* F :

1° *La somme des moments par rapport à* C *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CF, *et de la réaction fictive en* F, *représente, en grandeur et en signe, le déplacement* $(l_y)_c$ *du point* C, *estimé suivant l'axe des y;* en sorte qu'on peut écrire symboliquement :

(I) $(l_y)_c = \overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{M}}\,Y\,\frac{M}{EI}\,ds.$	(I') $(l_y)_c = \overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{M}}\,Y\,\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds$ (1).

2° *Si on fait tourner de 90° dans le sens rétrograde (sens inverse de la rotation des aiguilles d'une montre), les forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CF, *y compris la réaction fictive en* F, *la somme des moments de ces forces par rapport à* C, *représente, en grandeur et en signe, le déplace-*

(1) Dans ces formules, la lettre placée en indice représente le point par rapport auquel sont pris les moments MY des forces fictives ; les deux lettres supérieures désignent le tronçon d'arc auquel sont afférentes les forces fictives dont il faut prendre les moments; le trait qui surmonte la lettre F indique que la réaction fictive en F fait partie desdites forces fictives.

ment $(l_x)_c$ *du point* C, *estimé suivant l'axe des* x; en sorte qu'on peut écrire :

$$\text{(II)}\quad (l_x)_c = \overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{M}} X \frac{M}{EI}\,ds. \qquad \text{(II')}\quad (l_x)_c = \overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{M}} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$$

3° *La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C F, *y compris la réaction fictive en* F, *représente, en grandeur et au signe près, le déplacement angulaire* g_c *de la section* C, et nous écrivons :

$$\text{(III)}\quad g_c = -\overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{T}} \frac{M}{EI}\,ds. \qquad \text{(III')}\quad g_c = -\overset{C.\overline{F}}{\underset{C}{T}} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds\,(1).$$

B. — *En tout point* C *situé entre* B *et* E :

1° *La somme des moments par rapport à* C *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E *et de la réaction fictive en* E, *représente, en grandeur et au signe près, le déplacement du point* C, *estimé suivant l'axe des* y; et nous écrivons :

$$\text{(I bis)}\quad (l_y)_c = -\overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{M}} Y \frac{M}{EI}\,ds. \qquad \text{(I' bis)}\quad (l_y)_c = -\overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{M}} Y \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$$

2° *Si on fait tourner de 90° dans le sens rétrograde, les forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E, *y compris la réaction fictive en* E, *la somme des moments de ces forces par rapport à* C, *représente, en grandeur et au signe près, le déplacement du point* C, *estimé suivant l'axe des* x; on a donc :

$$\text{(II bis)}\quad (l_x)_c = -\overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{M}} X \frac{M}{EI}\,ds. \qquad \text{(II' bis)}\quad (l_x)_c = -\overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{M}} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$$

3° *La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E, *y compris la réaction fictive en* E, *représente, en grandeur et en signe, le déplacement angulaire de la section* C; en sorte qu'on a :

$$\text{(III bis)}\quad g_c = \overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{T}} \frac{M}{EI}\,ds. \qquad \text{(III' bis)}\quad g_c = \overset{C.\overline{E}}{\underset{C}{T}} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$$

Corollaire. — Le théorème précédent admet un corollaire au sujet duquel nous nous bornerons à renvoyer à notre Mémoire précité.

(1) L'analogie que présente cette somme de forces fictives avec un *effort tranchant* dans une poutre droite, nous a conduit à la désigner par la lettre T.

Théorème II

Ancien énoncé négligeant la tension longitudinale. | **Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donnée une pièce, de ligne moyenne AB (fig. 4), *soumise à des forces qui y développent des*

moments fléchissants M, | *moments conjugués* $\mathfrak{M}'$,

et astreinte à des liaisons quelconques, mais telles qu'on peut, par la suppression des liaisons surabondantes, la ramener à n'être plus assujettie qu'au second système de liaisons indépendantes de l'élasticité (section E *encastrée); si, ayant rapporté cette pièce à deux axes rectangulaires quelconques, ox et oy, on applique aux divers éléments*

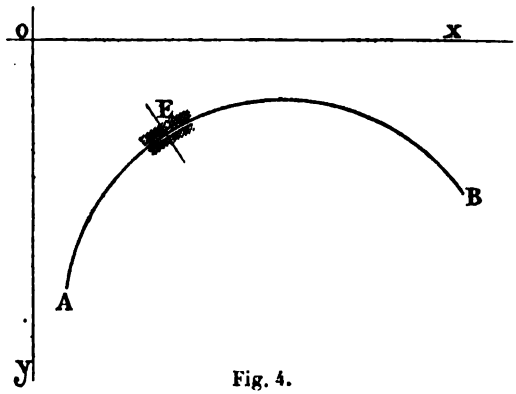


Fig. 4.

ds de la ligne moyenne, des forces fictives

$$\frac{M}{EI}\,ds,$$

| *dσ′ des deux lignes conjuguées, des forces fictives*

$$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds,$$

parallèles à oy et dirigées dans le sens des y positifs ou en sens inverse, suivant que

M | $\mathfrak{M}'$

est positif ou négatif :

(A). — *En tout point* C *situé entre* A *et* E :

1° *La somme des moments par rapport à* C *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CE, *représente, en grandeur et en signe, le déplacement* $(l_y)_c$ *du point* C, *estimé suivant la direction oy;* de sorte qu'on a :

(IV) $\qquad (l_y)_c = \overset{C.E}{\underset{C}{M}}\, Y\, \frac{M}{EI}\,ds.$ | (IV′) $\qquad (l_y)_c = \overset{C.E}{\underset{C}{M}}\, Y\, \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$

2° *Si on fait tourner de 90°, dans le sens rétrograde, les forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CE, *la somme des moments de ces forces par rapport à* C, *représente, en grandeur et en signe, le dépla-*

cement $(l_x)_c$ *du point* C, *estimé suivant l'axe des* x ; et l'on a, par suite :

$$\text{(V)} \quad (l_x)_c = \overset{C.E}{\underset{C}{M}} X \frac{M}{EI}\, ds. \qquad \text{(V')} \quad (l_x)_c = \overset{C.E}{\underset{C}{M}} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds.$$

3° *La somme algébrique des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* C E *représente, en grandeur et au signe près, le déplacement angulaire de la section* C ; en sorte qu'on peut écrire :

$$\text{(VI)} \quad g_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{T}} \frac{M}{EI}\, ds. \qquad \text{(VI')} \quad g_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{T}} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds.$$

(B). — *Pour tout point* C *situé entre* E *et* B, *les propositions précédentes subsistent aux signes près*, de telle sorte qu'on a :

$$\text{(IV}\textit{bis}\text{)} \quad (l_y)_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{M}} Y \frac{M}{EI}\, ds, \qquad \text{(IV'}\textit{bis}\text{)} \quad (l_y)_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{M}} Y \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds,$$

$$\text{(V}\textit{bis}\text{)} \quad (l_x)_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{M}} X \frac{M}{EI}\, ds, \qquad \text{(V'}\textit{bis}\text{)} \quad (l_x)_c = -\overset{C.E}{\underset{C}{M}} X \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds,$$

$$\text{(VI}\textit{bis}\text{)} \quad g_c = +\overset{C.E}{\underset{C}{T}} \frac{M}{EI}\, ds. \qquad \text{(VI'}\textit{bis}\text{)} \quad g_c = +\overset{C.E}{\underset{C}{T}} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds.$$

§ 5. — Construction des déformations élastiques en tenant compte de la tension longitudinale.

Sous leur nouvelle forme, les théorèmes I et II, alliés aux propriétés des courbes funiculaires des forces parallèles, conduisent immédiatement à des constructions géométriques simples des déformations élastiques, constructions qui tiennent compte de la tension longitudinale.

L'analogie évidente que présentent ces tracés avec ceux indiqués aux paragraphes 34 et 35 de notre Mémoire déjà cité, nous dispensera de nous y arrêter.

Dans l'exécution des épures, on remplacera, bien entendu, les courbes funiculaires correspondant aux forces fictives infiniment petites

$$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'} \frac{ds}{d\sigma'}\, d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, ds,$$

par des polygones funiculaires correspondant à des forces fictives finies égales à

$$\frac{\mathfrak{M}'}{EI'} \frac{\Delta s}{\Delta \sigma'}\, \Delta\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\, \Delta s.$$

On divisera la ligne moyenne de la poutre en parties égales.

Aux éléments égaux Δs de cette ligne correspondront des éléments inégaux $\Delta\sigma'$ des lignes conjuguées. C'est aux milieux de ces éléments qu'on appliquera les forces fictives finies sus-indiquées.

On pourra, si l'on veut, remplacer ces points par les points d'intersection des lignes conjuguées avec les normales aux milieux des éléments Δs de la ligne moyenne.

CHAPITRE II

Théorèmes modifiés par l'introduction de la tension longitudinale.

§ 6. — Règle générale.

Revenons aux formules symboliques exprimant les déformations élastiques (§ 4).

On voit que celles qui tiennent compte de la tension longitudinale ne diffèrent de celles qui négligent cette quantité, que par la substitution des efforts fictifs $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds$ appliqués le long des deux lignes conjuguées, aux efforts fictifs $\frac{M}{EI}\,ds$ appliqués le long de la ligne moyenne.

Cette remarque s'étend évidemment aux conséquences respectives de ces deux groupes de formules. D'où la règle générale suivante :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M}{EI}\,ds$, *appliquées aux divers éléments ds de la ligne moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}ds$ *parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments dσ' des deux lignes conjuguées.*

Ainsi qu'il doit être, on arrive à la même conclusion si, au lieu de substituer, — comme nous l'avons fait, — les moments conjugués, au moment fléchissant et à la tension longitudinale, dans les formules (6) et (9) (§ 3), on porte ces moments dans les formules classiques de la déformation des arcs (1).

(1) Voir la *Note* placée à la fin de ce Mémoire (p. 446).

Nous allons appliquer la règle qui précède à quelques-uns des théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

Ces théorèmes sont puisés : les uns, dans le grand ouvrage de Statique graphique de M. Maurice Lévy, les autres, dans le Mémoire déjà cité sur les déformations élastiques.

Nous mettrons les énoncés modifiés en regard des énoncés originaux.

Arc reposant sur rotules.

§ 7. — Théorème fondamental.

Énoncé primitif négligeant la tension longtiudinale (1).	**Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.**
Si, aux divers éléments ds de la ligne moyenne	*Si, aux divers éléments dσ′ des deux lignes conjuguées*

d'un arc de section et d'élasticité constantes ou variables, soumis à des charges quelconques, verticales ou non, et reposant sans encastrement sur deux tourillons fixes A *et* B, *de niveau ou non, on applique des forces fictives*

$$\frac{M}{EI}\,ds, \qquad \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI}\,ds,$$

parallèles à la corde AB, *dirigées dans un sens arbitrairement convenu ou en sens contraire, suivant que*

$$M \qquad \mathfrak{M}'$$

est positif ou négatif, leur résultante coïncide avec cette corde.

§ 8. — Expression générale de la poussée.

La corde AB de l'arc étant supposée horizontale et les charges agissantes verticales, soient :

y les ordonnées de la ligne moyenne, mesurées à partir de AB;

y' les ordonnées analogues des lignes conjuguées ;

μ les moments fléchissants que les charges produiraient dans l'arc, si les rotules étaient remplacées par des appuis simples horizontaux, c'est-à-dire s'il n'y avait pas de poussée ;

μ' les moments conjugués qui seraient produits dans les mêmes conditions.

(1) Maurice Lévy, *Statique graphique*, 3e partie, § 424.

On déduit facilement du théorème fondamental, les expressions suivantes de la poussée Q :

(1) $$Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu y ds}{EI}}{\int_A^B \frac{y^2 ds}{EI}}$$ (1),

les intégrales étant prises le long de la ligne moyenne.

(1′) $$Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu' y' ds}{EI'}}{\int_A^B \frac{y'^2 ds}{EI'}}$$,

les intégrales étant prises le long des deux lignes conjuguées.

La formule (1) néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale ; celle (1′) en tient compte.

§ 9. — Ligne de poussée de M. Maurice Lévy.

La proposition suivante, d'où résulte immédiatement une construction géométrique de la *ligne de poussée*, est une conséquence des formules du § 8.

Théorème.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.**
Si un poids mobile unique P *parcourt un arc de section constante ou variable, et qu'en chaque élément de de la ligne moyenne*	*dσ′ des deux lignes conjuguées*
de l'arc, on applique une force fictive verticale égale à	
$\frac{y}{I} ds$,	$\frac{y'}{I'} \frac{ds}{d\sigma'} d\sigma' = \frac{y'}{I'} ds$,

force connue, ne dépendant que des dimensions de l'arc, le moment de flexion que ces forces déterminent en une section quelconque de l'arc considéré alors comme reposant librement sur deux appuis horizontaux, représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile, arrivé sur la verticale du centre de gravité de cette section, détermine dans l'arc.

Ce facteur constant a pour valeur

$P : \int_A^B \frac{y^2 ds}{I}$	$P : \int_A^B \frac{y'^2 ds}{I'}$

(1) Maurice Lévy, *Statique graphique*, 3e partie, § 425.

(2) *Statique graphique*, IIIe partie. §§ 429 et 430.

Arc encastré aux deux extrémités.

§ 10. — Théorème fondamental.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (1).

Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.

Si aux divers éléments ds de la ligne moyenne | *Si aux divers éléments ds′ des lignes conjuguées*

d'un arc de section et d'élasticité constantes ou variables, soumis à des charges quelconques (verticales ou non) et encastré aux deux extrémités, on applique des forces fictives

$$\frac{M}{EI}\,ds, \qquad \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds,$$

parallèles à une direction fixe arbitrairement choisie, dans un sens convenu ou en sens contraire, suivant que

$$M \qquad \mathfrak{M}'$$

est positif ou négatif, ces forces sont en équilibre astatique (c'est-à-dire qu'elles sont en équilibre quelque direction qu'on leur donne).

§ 11. — Expression générale de la poussée.

Définition primitive. | **Définition modifiée.**

L'arc AB étant rapporté à deux axes rectangulaires, l'un Ax horizontal, l'autre Ay vertical, soient :

x, y les coordonnées d'un point quelconque de la ligne moyenne; y_1 l'ordonnée de ce point *mesurée à partir d'une droite ab pour l'instant arbitraire.*

Cette droite prend le nom de *ligne de fermeture de la ligne moyenne,* si elle est menée de telle façon que les relations

$$(2)\qquad \int_A^B \frac{y_1}{I}\,ds = 0,$$

$$(3)\qquad \int_A^B \frac{y_1}{I}\,x\,ds = 0,$$

soient satisfaites (2).

x', y' les coordonnées d'un point quelconque des lignes conjuguées; y_1' l'ordonnée de ce point *mesurée à partir d'une droite a'b' pour l'instant arbitraire.*

Nous appellerons cette droite *ligne de fermeture des lignes conjuguées,* si elle est menée de telle façon que les relations

$$(2')\qquad \int_A^B \frac{y_1'}{I'}\,ds = 0,$$

$$(3')\qquad \int_A^B \frac{y_1'}{I'}\,x'\,ds = 0,$$

soient satisfaites.

(1) Maurice Lévy. *Statique graphique.* III[e] partie. § 446.

(2) Maurice Lévy. *Statique graphique.* III[e] partie. § 439, formules (8). — On re-

Il est facile de démontrer que si la corde A B de l'arc est horizontale, les deux lignes de fermeture ci-dessus définies coïncident.

Cela posé, soient :

μ les moments fléchissants que les charges produiraient dans l'arc, si les rotules étaient remplacées par deux appuis simples horizontaux, c'est-à-dire s'il n'y avait ni poussée ni moments d'encastrements.

μ' les moments conjugués qui seraient produits dans la même hypothèse.

On déduit facilement du théorème fondamental les expressions suivantes de la poussée Q :

$$(4) \qquad Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu\, ds}{I} y_1}{\int_A^B \frac{y\, ds}{I} y_1} \quad (1). \qquad \Bigg| \qquad (4') \qquad Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu' ds}{I'} y_1'}{\int_A^B \frac{y' ds}{I'} y_1'}.$$

La première néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale ; la seconde en tient compte.

§ 12. — Ligne de poussée de M. Maurice Lévy.

La proposition suivante qui fournit immédiatement une construction géométrique de la ligne de poussée, est une conséquence des formules (4) et (4').

Théorème.

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Énoncé modifié tenant compte de la tension longitudinale.**
Si un poids mobile unique P *parcourt un arc de section constante ou variable et qu'en chaque élément*	
ds de la ligne moyenne,	*d*σ' *des lignes conjuguées,*

marquera que dans les dites formules (8), nous avons ici remplacé la notation y' par y_1, et le moment d'inertie I' de la poutre correspondante à l'arc, par sa valeur $I \frac{dx}{ds}$. Cette substitution n'a d'autre but que de faciliter notre exposé comparatif.

(1) Maurice Lévy. *Statique graphique.* III[e] partie. § 454.

(2) Maurice Lévy. *Statique graphique.* III[e] partie. § 455.

on applique une force fictive verticale égale à

$$\frac{y_1}{I}\,ds,$$

y_1 étant l'ordonnée de cet élément comptée depuis la ligne de fermeture de la ligne moyenne,

$$\frac{y_1'}{I'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{y_1'}{I'}\,ds,$$

y_1' étant l'ordonnée de cet élément comptée depuis la ligne de fermeture des lignes conjuguées,

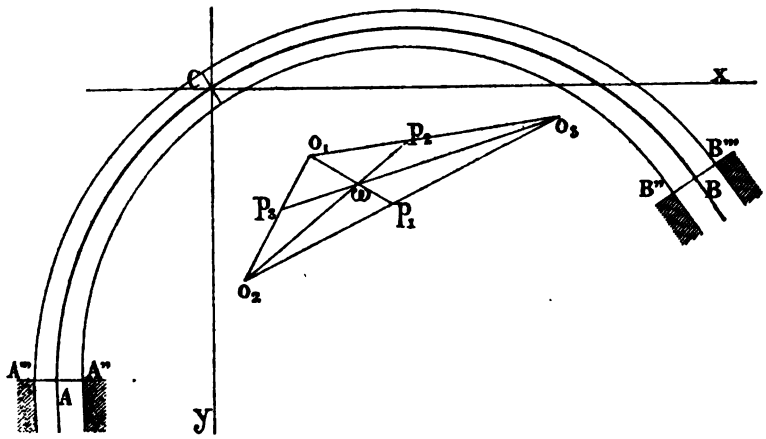
la somme des moments relativement à un point quelconque de la ligne moyenne, des forces fictives afférentes au tronçon d'arc situé à gauche (ou à droite) de la section contenant ce point, représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile détermine dans l'arc lorsqu'il est arrivé sur la verticale de ce même point.

Ce facteur constant à pour valeur

$$P : \int_A^B \frac{yy_1}{I}\,ds. \qquad P : \int_A^B \frac{y'y_1'}{I'}\,ds.$$

§ 13. — Détermination des effets des charges fixes.

Un arc AB (fig. 5), encastré aux deux extrémités, étant soumis à des charges quelconques (verticales ou non), les forces élastiques développées dans une section arbitrairement choisie C, sont réductibles à leur résultante de translation et à un couple.



Soient X et Y les composantes de cette résultante suivant deux axes rectangulaires quelconques Cx et Cy; M l'axe du couple, c'est-à-dire le moment fléchissant en C.

(1) Pour ne pas surcharger cette figure, les points désignés dans le texte par les lettres o'_1, o'_2, o'_3, p'_1, p'_2, p'_3, ω', n'ont pas été représentés.

Nous avons exposé dans notre Mémoire précité (§ 37) une méthode générale de détermination des quantités X, Y, M, en négligeant les déformations élastiques de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant. Nous allons indiquer les quelques modifications à apporter à cette méthode pour tenir compte de la tension longitudinale.

Définitions primitives.	**Définitions modifiées.**
Soient :	
x et y les coordonnées d'un point quelconque de la ligne moyenne A B,	x' et y' les coordonnées d'un point quelconque des lignes conjuguées A″ B″, A‴ B‴,
par rapport aux axes Cx et Cy.	
Aux divers éléments ds de la ligne moyenne, appliquons successivement :	Aux divers éléments $d\sigma'$ des lignes conjuguées, appliquons successivement :
1° Des forces fictives parallèles $\frac{b}{I}\,ds$,	1° Des forces fictives parallèles $\frac{b}{I'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{b}{I'}\,ds$,
b désignant une longueur arbitrairement choisie ;	b désignant une longueur arbitrairement choisie ;
2° Des forces fictives parallèles $\frac{y}{I}\,ds$;	2° Des forces fictives parallèles $\frac{y'}{I'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{y'}{I'}\,ds$;
3° Des forces fictives parallèles $\frac{x}{I}\,ds$.	3° Des forces fictives parallèles $\frac{x'}{I'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{x'}{I'}\,ds$.

Nous appellerons :

1° Centre fixe :

Le centre o_1 des forces fictives parallèles $\frac{bds}{I}$ appliquées le long de la ligne moyenne.	Le centre o'_1 des forces fictives parallèles $\frac{bds}{I'}$ appliquées le long des lignes conjuguées (1).

(1) Il est facile de démontrer que les deux points o_1 et o'_1 coïncident.

2° *Centres correspondants à la section* C :

Les centres o_2 et o_3 des forces fictives

$$\frac{y}{I}\,ds \text{ et } \frac{x}{I}\,ds$$

appliquées le long de la ligne moyenne.

Les centre o'_2 et o'_3 des forces fictives :

$$\frac{y'}{I'}\,ds \text{ et } \frac{x'}{I'}\,ds$$

appliquées le long des lignes conjuguées (1).

Les points o_1, o_2, o_3 (2), o'_1, o'_2 ,o'_3 ne dépendent que des dimensions de l'arc.

Il en est de même, des résultantes des forces fictives

$$\frac{b}{I}\,ds,\ \frac{y}{I}\,ds,\ \frac{x}{I}\,ds, \qquad \frac{b}{I'}\,ds,\ \frac{y'}{I'}\,ds,\ \frac{x'}{I'}\,ds,$$

que nous représenterons respectivement par

$$\varphi_1,\ \varphi_2,\ \varphi_3. \qquad \varphi'_1,\ \varphi'_2,\ \varphi'_3\ (3).$$

Imaginons maintenant que l'on coupe l'arc suivant la section C. Les deux tronçons AC, CB ainsi formés, ne sont assujettis à aucune condition surabondante ; on peut donc déterminer, sans difficulté, soit par un calcul soit par un tracé,

les moments fléchissants M' | les moments conjugués $\mathfrak{M}'$

produits par les charges agissant sur ces tronçons.

Appliquons aux divers éléments

de la ligne moyenne, | des lignes conjuguées,

des forces fictives parallèles

$$\frac{M'}{I}\,ds. \qquad \frac{\mathfrak{M}'}{I'}\,ds.$$

Nous appellerons *centre variable* le centre

ω | ω'

de ces forces fictives.

Ce point dépend et des dimensions de l'arc et des charges y appliquées; il en est de même de la résultante des forces fictives

$$\frac{M'}{I}\,ds, \qquad \frac{\mathfrak{M}'}{I'}\,ds,$$

que nous représenterons par

S. | S'.

(1) On remarquera que la position des centres correspondants à la section C, varie avec la direction des axes coordonnés Cx et Cy.

(2) Dans le mémoire déjà cité, les centres sont désignés par les notations o', o'', o''' ; nous avons remplacé ici les accents par des indices pour faciliter notre exposé comparatif.

(3) Il est aisé de démontrer que $\varphi'_1 = \varphi'$.

Solution du problème posé.

On déterminera, par les procédés indiqués au § 38 de notre Mémoire précité, les centres

$$o_1,\ o_2,\ o_3,\ \omega, \qquad | \qquad o'_1,\ o'_2,\ o'_3,\ \omega',$$

et les résultantes fictives

$$\varphi_1,\ \varphi_2,\ \varphi_3,\ S. \qquad | \qquad \varphi'_1,\ \varphi'_2,\ \varphi'_3,\ S'.$$

Puis on tirera les droites

$$o_1o_2,\ o_2o_3,\ o_3o_1, \qquad | \qquad o'_1o'_2,\ o'_2o'_3,\ o'_3o'_1,$$
$$o_1\omega p_1\ o_2\omega p_2,\ o_3\omega p_3. \qquad | \qquad o'_1\omega' p'_1,\ o'_2\omega' p'_2,\ o'_3\omega' p'_3.$$

Enfin, on calculera les inconnues M, X, Y par les formules suivantes (*Mémoire précité*, § 37) :

$$\frac{M}{b} = -\frac{1}{\varphi_1} \times \frac{p_1\omega}{p_1 o_1} S, \qquad | \qquad \frac{M}{b} = -\frac{1}{\varphi'_1} \times \frac{p'_1\omega'}{p'_1 o'_1} S',$$

$$X = -\frac{1}{\varphi_2} \times \frac{p_2\omega}{p_2 o_2} S, \qquad | \qquad X = -\frac{1}{\varphi'_2} \times \frac{p'_2\omega'}{p'_2 o'_2} S',$$

$$Y = +\frac{1}{\varphi_3} \times \frac{p_3\omega}{p_3 o_3} S. \qquad | \qquad Y = +\frac{1}{\varphi'_3} \times \frac{p'_3\omega'}{p'_3 o'_3} S'.$$

§ 14. — Théorème relatif aux centres.

Le théorème suivant peut être utilisé pour la construction des centres.

Énoncé primitif (1).

La ligne moyenne de l'arc étant considérée comme une ligne matérielle, dont le poids de chaque élément ds serait

$$\frac{ds}{I} :$$

1° Les droites o_1o_2, o_1o_3, sont les diamètres respectivement conjugués aux directions Cx et Cy, dans l'ellipse centrale d'inertie de la ligne moyenne.

2° La droite o_2o_3 est l'antipolaire du point C par rapport à cette ellipse.

Énoncé modifié.

Les lignes conjuguées étant considérées comme des lignes matérielles, dont le poids de chaque élément $d\sigma'$ serait

$$\frac{d\sigma'}{I'}\frac{ds}{d\sigma'} = \frac{ds}{I'} :$$

1° Les droites $o'_1o'_2$, $o'_1o'_3$ sont les diamètres respectivement conjugués aux directions Cx et Cy dans l'ellipse centrale d'inertie des lignes conjuguées.

2° La droite $o'_2o'_3$ est l'antipolaire du point C par rapport à cette ellipse.

(1) Mémoire déjà cité. Note I.

Il est facile de démontrer que l'ellipse centrale d'inertie de la ligne moyenne et celle des lignes conjuguées sont concentriques.

§ 15. — LIGNES D'INFLUENCE DU MOMENT FLÉCHISSANT M EN UNE SECTION C ARBITRAIREMENT CHOISIE, ET DES COMPOSANTES HORIZONTALE X ET VERTICALE Y DE LA RÉSULTANTE DE TRANSLATION DES FORCES ÉLASTIQUES EN CETTE MÊME SECTION.

AB étant la ligne moyenne de l'arc, et C le centre de gravité de la section C arbitrairement choisie, soient deux axes coordonnés Cx horizontal et Cy vertical (fig. 6).

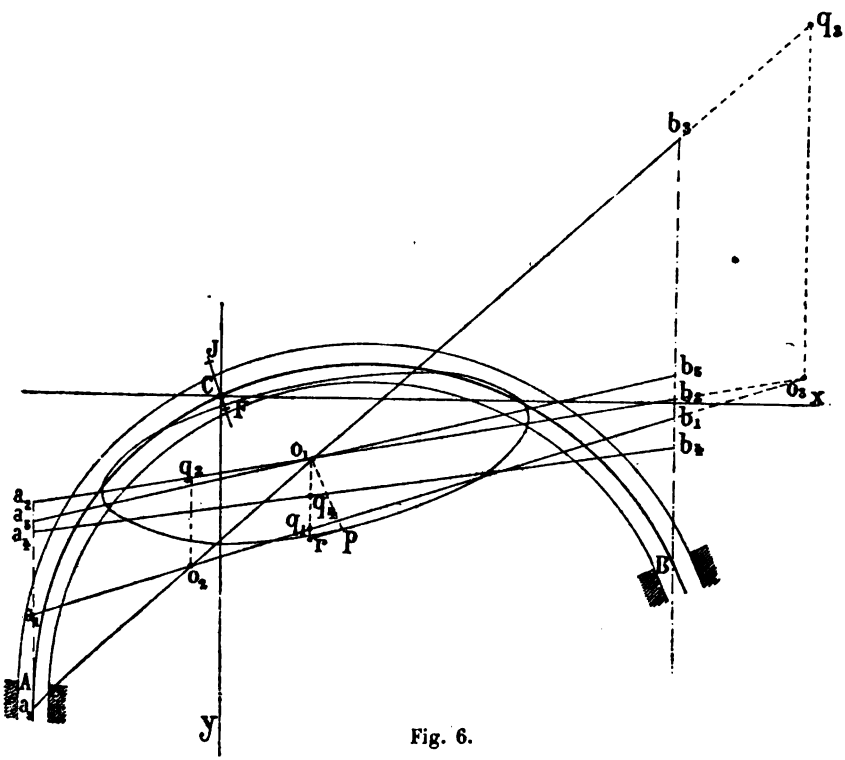


Fig. 6.

Supposons déterminée,

l'ellipse centrale d'inertie de la ligne moyenne, définie au § 14.

l'ellipse centrale d'inertie des lignes conjuguées, définie au § 14.

Menons dans cette ellipse :

1° L'antipolaire a_1b_1 du point C;	1° L'antipolaire $a'_1b'_1$ du point C (1);
2° Le diamètre a_2b_2 conjugué à la direction Cy;	2° Le diamètre $a'_2b'_2$ conjugué à la direction Cy;
3° Le diamètre a_3b_3 conjugué à la direction Cx.	3° Le diamètre $a'_3b'_3$ conjugué à la direction Cx.

Désignons respectivement par

$\zeta_1, \quad \zeta_2, \quad \zeta_3$	$\zeta'_1, \quad \zeta'_2, \quad \zeta'_3$
les ordonnées verticales des divers points de la ligne moyenne,	des lignes conjuguées,

mesurées à partir de ces droites.

Les points de concours

$o_1, \quad o_2, \quad o_3$	$o_1, \quad o'_2, \quad o'_3$

desdites droites, sont respectivement le centre fixe de l'arc et les centres correspondants à la section C pour les directions d'axes Cx et Cy.

Tirons les verticales

$o_1q_1, \quad o_2q_2, \quad o_3q_3$	$o_1q'_1, \quad o'_2q'_2, \quad o'_3q'_3$.

que nous regarderons comme positives ou comme négatives selon que l'extrémité o se trouvera au-dessus ou au-dessous de l'extrémité q.

Enfin, soient

$(c_1, d_1), \quad (c_2, d_2), \quad (c_3, d_3),$	$(c_1, d_1), \quad (c'_2, d'_2), \quad (c'_3, d'_3),$
les coordonnées des centres	
$o_1, \quad o_2, \quad o_3.$	$o_1, \quad o'_2, \quad o'_3.$

Cela posé, la triple proposition suivante, alliée aux propriétés des courbes funiculaires, fournit immédiatement la construction des lignes d'influence des quantités M, X et Y afférentes à la section C.

Théorème

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donné un arc AB *encastré à ses extrémités, parcouru par une*

(1) Pour ne pas surcharger la figure 6, nous n'avons tracé que les lignes désignées dans le texte par des lettres sans accent.

(2) Mémoire déjà cité, § 43.

charge mobile verticale P, *et une section* C *arbitrairement choisie de cet arc; si on applique successivement des forces fictives verticales*

$1^\circ \frac{\zeta_1}{I} ds, \quad 2^\circ \frac{\zeta_2}{I} ds, \quad 3^\circ \frac{\zeta_3}{I} ds,$	$1^\circ \frac{\zeta'_1}{I'} ds, \quad 2^\circ \frac{\zeta'_2}{I'} ds, \quad 3^\circ \frac{\zeta'_3}{I'} ds,$
aux divers éléments ds de la ligne moyenne :	*aux divers éléments ds' des lignes conjuguées :*

I° *Les sommes des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* C *et* B, *des forces fictives ci-dessus, afférentes au tronçon d'arc* DB, *représentent respectivement, à des facteurs constants près :* 1° *le moment fléchissant* M *en la section* C; 2° *la composante horizontale* X *de la résultante de translation des forces élastiques en cette section ;* 3° *la composante verticale* Y *de cette même résultante, lorsque la charge mobile passe au point* D.

II° *Les sommes des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* A *et* C, *des forces fictives ci-dessus, afférentes au tronçon d'arc* DA, *représentent respectivement, à des facteurs constants près :* 1° *le moment* M; 2° *la composante* X; 3° *la composante* Y, *lorsque la charge mobile passe au point* D.

Les facteurs constants, dont il faut affecter les sommes de moments en question pour obtenir M, X *et* Y, *ont respectivement les valeurs suivantes :*

$1^\circ \quad \pm P : \left[o_1 q_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I} \right],$	$1^\circ \quad \pm P : \left[o_1 q'_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'} \right],$
$2^\circ \quad \pm P : \left[o_2 q_2 \times d_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I} \right],$	$2^\circ \quad \pm P : \left[o'_2 q'_2 \times d_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'} \right],$
$3^\circ \quad \mp P : \left[o_3 q_3 \times c_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I} \right],$	$3^\circ \quad \mp P : \left[o'_3 q'_3 \times c_1 \times \int_A^B \frac{ds}{I'} \right],$ (1)

les signes supérieurs correspondant au cas où le point D *est entre* C *et* B *et les signes inférieurs, au cas où ce point est entre* A *et* C.

(1) D'après nos conventions, la quantité $\int_A^B \frac{ds}{I}$ figurant dans la colonne de gauche, représente la somme des forces fictives $\frac{ds}{I}$ *appliquées aux divers éléments de la ligne moyenne;* la quantité $\int_A^B \frac{ds}{I'}$ figurant dans la colonne de droite, représente la somme des forces fictives $\frac{ds}{I'}$ *appliquées aux divers éléments des deux lignes conjuguées.* Ces dernières forces fictives sont donc deux fois plus nombreuses que les premières, mais leurs intensités sont deux fois moindres puisque $I' = 2I$. On a, par conséquent, $\int_A^B \frac{ds}{I} = \int_A^B \frac{ds}{I'}$.

Remarques. — I° La composante X est précisémeut la poussée horizontale de l'arc ; on voit facilement que la partie du théorème précédent qui concerne cette composante, n'est autre chose que la répétition, sous une forme différente, du théorème du § 12 relatif à la poussée.

II° *Pour des sections* C *différentes, les facteurs* 2° *et* 3° *ne changent pas de valeur ; le facteur* 1° *varie seul d'une section à l'autre.*

III° Si l'arc est de structure symétrique par rapport à la verticale du milieu de sa corde, les forces fictives

$$\frac{\zeta_2}{I}\,ds \qquad \Big| \qquad \frac{\zeta'_3}{I'}\,ds$$

doivent être remplacées par des forces fictives

$$\frac{z_3}{I}\,ds, \qquad \Big| \qquad \frac{z_3}{I'}\,ds,$$

z_3 désignant les ordonnées d'une droite mn (fig. 7) faisant un angle de $+ 45°$ avec la partie positive Cx de l'axe des x, et rencontrant cet axe au même point que la verticale de symétrie de l'arc.

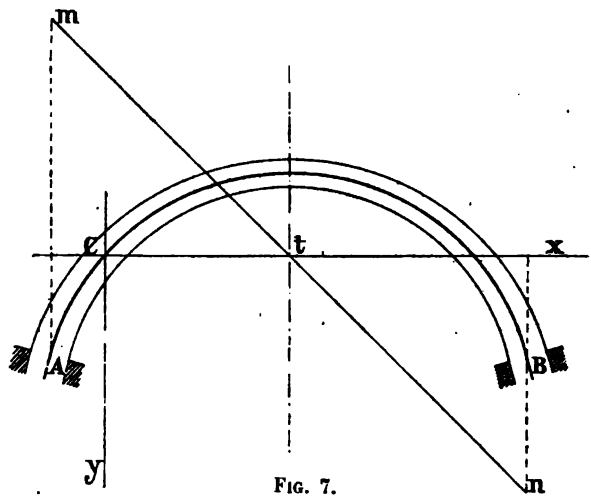


Fig. 7.

Il est sous-entendu que ces ordonnées correspondent aux éléments

ds de la ligne moyenne. | ds' des lignes conjuguées.

Enfin, les facteurs constants 3° doivent être remplacés par les suivants :

$$\mp P : \left[(c_1 - c_2)\, c_1 \int^B \frac{ds}{I}\right]. \qquad \Big| \qquad \mp P : \left[(c_1 - c'_3)\, c_1 \int_A^B \frac{ds}{I'}\right].$$

§16. — Ligne d'influence de la tension élastique par unité de surface en un point donné d'une fibre arbitrairement choisie.

Soient :

F le point donné (fig. 6, page 423), C le centre de gravité de la section contenant ce point ;

v la distance CF, positive au-dessous de C, négative au-dessus ;

S_c, I_c, r la section, le moment d'inertie et le rayon de giration de la section C ;

J un point situé sur la normale en C à la fibre moyenne et tel que, si on désigne par t la distance CJ positive au-dessous de C, négative au-dessus, on ait

$$vt = -r^2.$$

Dans l'ellipse centrale d'inertie

de la ligne moyenne,	des lignes conjuguées,
traçons l'antipolaire	
$a_1\ b_1$	$a'_1\ b'_1$ (1)

du point J, et désignons par

ζ_1	ζ'_1
les ordonnées verticales de la ligne moyenne,	les ordonnées verticales des lignes conjuguées,

mesurées à partir de cette droite.

Menons la verticale

$o_1\ q_1$	$o_1\ q'_1$ (1)

que nous regarderons comme positive, si elle est au-dessous de o_1, et comme négative dans le cas contraire.

Le théorème suivant conduit immédiatement à une construction géométrique de la ligne d'influence de la tension élastique par unité de surface au point F.

Théorème

Énoncé primitif négligeant la tension longitudinale (2).	**Nouvel énoncé tenant compte de la tension longitudinale.**

Étant donné un arc AB, *encastré à ses extrémités, parcouru par une*

(1) Pour ne pas surcharger la figure 6, cette ligne n'a pas été tracée.

(2) Mémoire précité, § 48.

charge mobile verticale P, *et un point* F *d'une section* C *arbitrairement choisie ; si, aux divers éléments*
ds de la ligne moyenne, | *dz' des lignes conjuguées,*
on applique des forces fictives verticales

$$\frac{\zeta_4}{I}\,ds, \qquad \Big| \qquad \frac{\zeta'_4}{I'}\,ds,$$

I° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* C *et* B, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DB, *représente, à un facteur constant près, la tension élastique développée en* F, *lorsque la charge mobile passe au point* D ;

II° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* A *et* C, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DA, *représente, à un facteur constant près, la tension élastique développée en* F, *lorsque la charge mobile passe au point* D.

Le facteur constant dont il faut affecter ces sommes de moments pour obtenir la tension élastique en F, *a pour expression*

$$\mp \frac{P}{S_c \times t \times o_1 q_4 \times \int_A^B \frac{ds}{I}} = \pm \frac{Pv}{I_c \times o_1 q_4 \times \int_A^B \frac{ds}{I}}, \qquad \Big| \qquad \mp \frac{P}{S_c \times t \times o_1 q'_4 \times \int_A^B \frac{ds}{I'}} = \pm \frac{Pv}{I_c \times o_1 q'_4 \times \int_A^B \frac{ds}{I'}},$$

les signes supérieurs correspondant au I° *et les signes inférieurs au* II°.

COROLLAIRE. — *Ligne d'influence de la tension longitudinale totale, relative à une section arbitrairement choisie.*

En considérant le cas particulier où le point F coïncide avec le centre de gravité C de la section C, on est conduit sans difficulté à la proposition que nous allons énoncer plus loin.

Dans l'ellipse centrale d'inertie
de la ligne moyenne, | des lignes conjuguées,
menons (fig. 6 page 423) :

1° Le diamètre

$$a_5\ b_3, \qquad \Big| \qquad a'_5\ b'_5, \quad (1)$$

conjugué à la direction de la normale en C à la ligne moyenne ;

(1) Les lignes désignées par des lettres accentuées n'ont pas été tracées sur la figure 6.

2° Le demi-diamètre

$o_1 p$,	$o_1 p$,

parallèle à cette normale;

3° La tangente

pr en p;	$p'r'$ en p';

4° La verticale

$o_1 r$.	$o_1 r$.

Désignons par

ζ_5	ζ'_5
les ordonnées de la ligne moyenne,	les ordonnées des lignes conjuguées,

mesurées à partir de

$a_5 b_5$.	$a'_5 b'_5$.

Si, aux divers éléments

ds de la ligne moyenne,	*ds' des lignes conjuguées,*

on applique des forces fictives verticales

$\frac{\zeta_5}{I} ds$,	$\frac{\zeta'_5}{I'} ds$,

I° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* C *et* B, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DB, *représente, à un facteur constant près, la tension longitudinale totale développée dans la section* C, *lorsque la charge mobile passe au point* D;

II° *La somme des moments par rapport à un point quelconque* D *de la ligne moyenne, situé entre* C *et* A, *des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* CA, *représente, à un facteur constant près, la tension longitudinale totale développée dans la section* C, *lorsque la charge mobile passe au point* D.

Le facteur constant, dont il faut affecter ces sommes de moments, pour obtenir la tension longitudinale, a pour expression :

$\pm P : \left[o_1 p \times o_1 r \times \int_A^B \frac{ds}{I} \right]$,	$\pm P : \left[o_1 p' \times o_1 r' \times \int_A^B \frac{ds}{I'} \right]$,

le signe supérieur correspondant au I° *et le signe inférieur au* II°.

Arcs divers.

§ 17.

La règle générale du § 6 est applicable à toute espèce d'arc assujetti à des conditions surabondantes. Les exemples précédents suffisent à montrer comment on devra procéder, dans chaque cas, pour modifier les théorèmes de manière à y introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale.

Nous ne nous arrêterons pas davantage sur ce sujet.

DEUXIÈME PARTIE

Introduction de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique des arcs élastiques.

---

§ 18. — Rappel de formules connues.

Déplacements linéaires. — Le déplacement élastique d'un point quelconque C d'un arc AB quelconque, suivant une direction arbitrairement choisie Δ (fig. 8, page 431), est exprimé rigoureusement par la formule suivante (1) :

$$(1) \qquad l = \int_A^B \left(\frac{M\mu}{EI} + \frac{N\nu}{ES} + \frac{T\theta}{GS} \right) ds.$$

M, N, T y représentent le moment fléchissant, la tension longitudinale et l'effort tranchant produits en toute section D de l'arc, par les forces extérieures qui le sollicitent (charges et réactions des appuis).

μ, ν, θ sont les quantités similaires que développerait dans l'arc

(1) Mémoire déjà cité (§ 9).

soustrait à ses liaisons surabondantes, s'il en existe, une force auxiliaire $\varphi = 1$, appliquée au point C et dirigée suivant Δ.

I et S sont le moment d'inertie et l'aire de la section D.

E est le coefficient d'élasticité de la matière dans le sens longitudinal des fibres ; G, le coefficient d'élasticité dans le sens transversal.

En désignant par r le rayon de giration de la section D et en posant

$$\frac{E}{G} = \lambda,$$

on peut écrire

$$(1\ bis) \qquad l = \int_A^B \frac{M\mu + N\nu r^2 + T\theta\lambda r^2}{EI}\, ds.$$

Déplacements angulaires. — Le déplacement angulaire ou rotation d'une section C est exprimé rigoureusement par la même formule que le déplacement linéaire du point C. Mais μ, ν, θ représentent alors le moment fléchissant, la tension longitudinale et l'effort tranchant que développerait en toute section D de l'arc soustrait à ses liaisons surabondantes, s'il en existe, un couple auxiliaire égal à l'unité, appliqué à la section C et ayant le sens des rotations positives.

§ 19. — Expressions nouvelles des déformations élastiques. — Moments conjugués. — Points conjugués.

Déplacements linéaires. — Soient (fig. 8) :

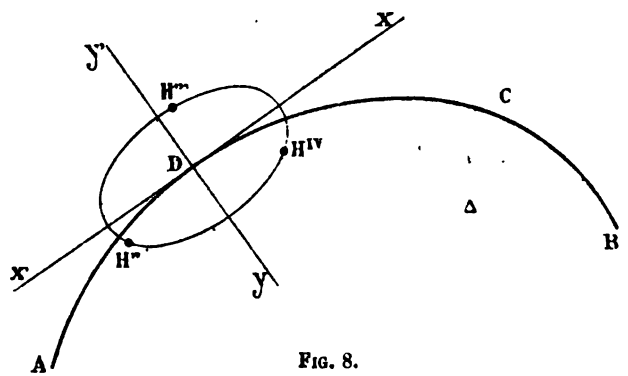


Fig. 8.

H'', H''', H^{IV} trois points arbitrairement choisis dans le plan de la ligne moyenne AB de l'arc ;

x'', y'', x''', y''', x^{IV}, y^{IV} les coordonnées de ces points rapportées à la tangente Dx à la ligne moyenne comme axe des abscisses positives, et à la normale Dy comme axe des ordonnées positives;

$\mathfrak{M}''$, $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}^{IV}$, les sommes des moments des forces extérieures (charges et réactions des appuis) agissant à droite de la section D, pris respectivement par rapport aux points H'', H''', H^{IV}.

On a, d'après la théorie des moments,

$$(2)\qquad \begin{cases} \mathfrak{M}'' = M + Ny'' - Tx'', \\ \mathfrak{M}''' = M + Ny''' - Tx''', \\ \mathfrak{M}^{IV} = M + Ny^{IV} - Tx^{IV}. \end{cases}$$

Soient, en outre, m'', m''', m^{IV} les moments analogues aux précédents, produits par la force auxiliaire $\varphi = 1$ agissant au point C dans les conditions indiquées plus haut (§ 18); on a, comme ci-dessus,

$$(3)\qquad \begin{cases} m'' = \mu + \nu y'' - \theta x''. \\ m''' = \mu + \nu y''' - \theta x''', \\ m^{IV} = \mu + \nu y^{IV} - \theta x^{IV}. \end{cases}$$

Nous allons montrer que si, pour chaque section D de l'arc, les trois points H'', H''', H^{IV} sont convenablement choisis, le déplacement l du point C est exprimé rigoureusement par la formule

$$(A_o'')\qquad l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m''' + \mathfrak{M}^{IV} m^{IV}}{3EI}\, ds,$$

analogue à la formule approchée (A_o') du § 3.

A cet effet, dans (A_o'') remplaçons $\mathfrak{M}''$.. m''.. par leurs valeurs (2) et (3), il vient

$$l = \int_A^B \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{M\mu}{EI} + \dfrac{N\nu\,(y''^2 + y'''^2 + y^{IV2})}{3EI} + \dfrac{T\theta\,(x''^2 + x'''^2 + x^{IV2})}{3EI} \\ + \dfrac{(M\nu + N\mu)(y'' + y''' + y^{IV})}{3EI} - \dfrac{(M\theta + T\mu)(x'' + x''' + x^{IV})}{3EI} \\ - \dfrac{(N\theta + T\nu)\,(x''y'' + x'''y''' + x^{IV}y^{IV})}{3EI} \end{array} \right\} ds.$$

Pour que la formule (A_o'') exprime le déplacement élastique l, il faut et il suffit que la formule ci-dessus, qui en découle immé-

diatement, soit identique à celle (1 *bis*) (§ 18); ce qui a évidemment lieu si x'', y'' ... y^{IV} satisfont aux équations simultanées :

$$y''^2 + y'''^2 + y^{IV2} = 3r^2, \tag{4}$$

$$x''^2 + x'''^2 + x^{IV2} = 3\lambda r^2, \tag{5}$$

$$y'' + y''' + y^{IV} = 0, \tag{6}$$

$$x'' + x''' + x^{IV} = 0, \tag{7}$$

$$x''y'' + x'''y''' + x^{IV}y^{IV} = 0. \tag{8}$$

Ainsi qu'on le verra par la suite, ces équations admettent un nombre infini de systèmes de solutions réelles. Il existe donc, pour toute section D de l'arc, une infinité de groupes de trois points H'', H''', H^{IV}, tels que si les moments $\mathfrak{M}''$.., m''. m^{IV} sont rapportés à ces points, la formule (A_o'') exprime le déplacement l.

Nous donnerons aux points constituant l'un quelconque de ces groupes, le nom de *points conjugués* relatifs à la section D, et nous appellerons *moments conjugués*, les moments $\mathfrak{M}''$.... m^{IV} rapportés à ces points.

$\mathfrak{M}''$, $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}^{IV}$ seront les moments *conjugués* produits par les forces données appliquées à l'arc.

m'', m''', m^{IV} seront les moments *conjugués* produits par la force auxiliaire φ agissant dans les conditions connues.

A chaque section correspond une infinité de groupes de points conjugués et, par suite, une infinité de groupes de moments conjugués. L'examen des équations précédentes montre que la position des points conjugués ne dépend que du rayon de giration r de la section et du rapport λ des coefficients d'élasticité.

Nous pouvons, dire à présent, que le déplacement linéaire l est exprimé par la formule (A_o'') dans laquelle les lettres $\mathfrak{M}$ et m désignent, pour chaque section de l'arc, deux groupes quelconques de moments conjugués, l'un relatif aux forces appliquées réellement sur l'arc, l'autre relatif à la force auxiliaire φ.

Déplacements angulaires. — On démontrerait de même, que le déplacement angulaire d'une section C quelconque est exprimé par la formule

$$g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}''m'' + \mathfrak{M}'''m''' + \mathfrak{M}^{IV}m^{IV}}{3\,EI}\,ds, \tag{B_o''}$$

où m'', m''', m^{IV} désignent les moments conjugués produits en chaque section D, par un couple auxiliaire $\varphi = 1$ appliqué à la section C dans les conditions indiquées au paragraphe 18.

Avant d'examiner quel groupe de points conjugués il est le plus avantageux, dans les applications, de considérer relativement à chaque section D, nous allons étudier les propriétés de ces points.

§ 20. — Ellipse des points conjugués correspondant a une section quelconque D.

Si, entre les équations (4) ... (8) (§ 19), nous éliminons les coordonnées de deux des points conjugués, ceux H″ et H‴ par exemple, nous obtiendrons une relation entre les coordonnées x^{IV}, y^{IV} du troisième point H^{IV} : ce sera l'équation du lieu de ce point.

Ce lieu est aussi celui des points H″ et H‴, puisque les équations considérées ne sont pas modifiées lorsqu'on y permute, entre eux, les couples d'inconnues (x'', y''), (x''', y'''), (x^{IV}, y^{IV}).

Effectuons cette élimination.

De (6) on tire

$$y'' + y''' = - y^{IV}.$$

Élevant au carré et retranchant, membre à membre, de (4), il vient

$$y'' y''' = y^{IV^2} - \frac{3}{2} r^2.$$

Ces deux relations montrent que y'' et y''' sont les racines de l'équation du second degré en y

$$y^2 + y^{IV} y + \left(y^{IV^2} - \frac{3}{2} r^2 \right) = 0. \tag{9}$$

On verrait de même, en utilisant (5) et (7), que x'' et x''' sont les racines de l'équation en x

$$x^2 + x^{IV} x + \left(x^{IV^2} - \frac{2}{3} \lambda r^2 \right) = 0. \tag{10}$$

Désignons par β_1 et β_2 les racines de (9), en spécifiant que β_1 est la racine dans laquelle le radical est précédé du signe +; nous avons donc

$$\beta_1 = \frac{- y^{IV} + \sqrt{3\,(2\,r^2 - y^{IV^2})}}{2}, \quad \beta_2 = \frac{- y^{IV} - \sqrt{3\,(2\,r^2 - y^{IV^2})}}{2}.$$

Comme, jusqu'à présent, rien ne distingue l'une de l'autre les quantités y'' et y''', on peut écrire indifféremment, soit

$$y'' = \beta_1, \qquad y''' = \beta_2, \tag{I}$$

soit

$$y'' = \beta_2, \qquad y''' = \beta_1. \tag{II}$$

De même, α_1 et α_2 désignant les racines de (10), posons

$$\alpha_1 = \frac{-x^{IV} + \sqrt{3\,(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, \qquad \alpha_2 = \frac{-x^{IV} - \sqrt{3\,(2\lambda r^2 - x^{IV})^2}}{2}.$$

Comme précédemment, on peut écrire indifféremment, soit

(III) $\qquad x'' = \alpha_1, \qquad x''' = \alpha_2,$

soit

(IV) $\qquad x'' = \alpha_2, \qquad x''' = \alpha_1.$

Il n'existe, quant à présent, aucune corrélation entre les solutions (I) et (II) de (9) et les solutions (III) et (IV) de (10). Le groupement deux à deux de ces solutions est donc arbitraire, et on peut l'effectuer des quatre manières indiquées dans le tableau suivant :

Numéros des groupements	Coordonnées de H''		Coordonnées de H'''	
1°	$x'' = \alpha_1$	$y'' = \beta_1$	$x''' = \alpha_2$	$y''' = \beta_2$
2°	$x'' = \alpha_1$	$y'' = \beta_2$	$x''' = \alpha_2$	$y''' = \beta_1$
3°	$x'' = \alpha_2$	$y'' = \beta_1$	$x''' = \alpha_1$	$y''' = \beta_2$
4°	$x'' = \alpha_2$	$y'' = \beta_2$	$x''' = \alpha_1$	$y''' = \beta_1$

Calculons maintenant, en fonction de α_1, α_2, β_1, β_2, la quantité

$$z = x''\,y'' + x'''\,y''',$$

qui entre dans l'équation (8), dont nous ne nous sommes pas encore servi.

On vérifie aisément, au moyen du tableau ci-dessus, que z n'a que deux valeurs distinctes, savoir :

$$z_1 = \alpha_1\,\beta_1 + \alpha_2\,\beta_2, \qquad z_2 = \alpha_1\,\beta_2 + \alpha_2\,\beta_1.$$

Cela posé, il est facile de former une équation du second degré admettant z_1 et z_2 comme racines, en se fondant sur ce que $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ sont les racines des deux équations du second degré (9) et (10). Elle est la suivante :

$$z^2 - (x^{IV}\,y^{IV})\,z + (3\lambda r^2 - x^{IV2})\left(y^{IV2} - \frac{3}{2}r^2\right) + (3r^2 - y^{IV2})\left(x^{IV2} - \frac{3}{2}\lambda r^2\right) = 0\,(1),$$

(1) En effet, soient deux équations du second degré quelconques

$$x^2 + px + q = 0, \qquad y^2 + p'y + q' = 0,$$

dont les racines sont respectivement

$$\alpha_1 \text{ et } \alpha_2, \qquad \beta_1 \text{ et } \beta_2;$$

proposons-nous de former l'équation en z ayant pour racines

$$z_1 = \alpha_1\,\beta_1 + \alpha_2\,\beta_2, \qquad z_2 = \alpha_2\,\beta_1 + \alpha_1\,\beta_2.$$

ou

$$(11)\quad z^2 - (x^{IV}y^{IV})z - 2x^{IV^2}y^{IV^2} + \frac{9}{2}r^2\left(x^{IV^2} + \lambda y^{IV^2}\right) - 9\lambda r^4 = 0.$$

D'autre part, l'équation (8) donne

$$x''y'' + x'''y''' = -x^{IV}y^{IV}$$

ou

$$z = -x^{IV}y^{IV}.$$

Portant dans (11) cette valeur de z, il vient, après réduction,

$$(12)\qquad \frac{x^{IV^2}}{2\lambda r^2} + \frac{y^{IV^2}}{2r^2} - 1 = 0.$$

C'est l'équation du lieu du point H^{IV}; elle représente une ellipse rapportée à ses axes Dx et Dy (fig. 8, page 431), dont les demi-longueurs sont

$$a = r\sqrt{2\lambda}, \qquad b = r\sqrt{2}.$$

Comme nous l'avons fait remarquer au début, c'est aussi l'équation du lieu des points H'' et H'''.

On peut donc dire finalement que *trois points conjugués quelconques, relatifs à la section* D, *sont assujettis à se trouver sur l'ellipse*

$$(13)\qquad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0.$$

§ 21. — Détermination et propriétés géométriques d'un groupe quelconque de points conjugués relatifs a une section donnée.

Si on se fixe sur l'ellipse (13), un des trois points conjugués, H^{IV} par exemple, les coordonnées des deux autres H'' et H''' résultent immédiatement de la résolution des équations (9) et (10) (§ 20),

On a, d'après une propriété connue,

$$\alpha_1 + \alpha_2 = -p, \qquad \beta_1 + \beta_2 = -p';$$

d'où, en multipliant membre à membre,

$$\alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2 + \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1 = pp';$$

ou

$$(a)\qquad z_1 + z_2 = pp'.$$

Formons maintenant le produit $z_1 z_2$; il vient, en groupant convenablement les termes,

$$z_1 z_2 = (\alpha_1^2 + \alpha_2^2)\beta_1\beta_2 + (\beta_1^2 + \beta_2^2)\alpha_1\alpha_2$$

ou, en vertu de relations connues entre les coefficients et les racines d'une équation du second degré,

$$(b)\qquad z_1 z_2 = (p^2 - 2q)q' + (p'^2 - 2q')q$$

De (a) et (b) on conclut que z_1 et z_2 sont les racines de l'équation

$$z^2 - pp'z + (p^2 - 2q)q' + (p'^2 - 2q')q = 0,$$

qui est celle que nous avions en vue.

lesquelles fournissent les quatre systèmes de solutions différents, indiqués au tableau de la page 435.

Il semble donc, au premier abord, qu'à tout point H^{IV} correspondent quatre couples de points H'' et H'''.

Nous allons établir qu'en réalité il n'en correspond qu'un seul.

En premier lieu, nous remarquons que les solutions 3° et 4° du tableau précité ne diffèrent respectivement des solutions 2° et 1° que par la permutation de x'' et y'' avec x''' et y''', c'est-à-dire de H'' avec H'''. Elles ne doivent donc pas être regardées comme distinctes de celles-ci, qui restent dès lors seules en présence.

En second lieu, nous allons montrer que, suivant la position du point H^{IV} sur l'ellipse, l'une ou l'autre des solutions 1° ou 2° convient seule à la question.

C'est l'équation (8) (§ 19), d'où l'on tire

$$x''y'' + x'''y''' = -x^{IV}y^{IV}, \tag{8'}$$

qui nous servira de criterium.

La solution 1° donne

$$x''y'' + x'''y''' = \alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2,$$

et la solution 2°,

$$x''y'' + x'''y''' = \alpha_1\beta_2 + \alpha_2\beta_1.$$

Remplaçant les α et les β par leurs valeurs indiquées au § 20, il vient : *pour la solution* 1°,

$$x''y'' + x'''y''' = \frac{x^{IV}y^{IV}}{2} + \frac{3}{2}\sqrt{(3\lambda r^2 - x^{IV2})(2r^2 - y^{IV2})}; \tag{14}$$

pour la solution 2°,

$$x''y'' + x'''y''' = \frac{x^{IV}y^{IV}}{2} - \frac{3}{2}\sqrt{(3\lambda r^2 - x^{IV2})(2r^2 - y^{IV2})}. \tag{15}$$

Distinguons maintenant deux cas :

1° *Le point* H^{IV} *est dans l'un des deux angles opposés* xDy, $x'Dy'$ (fig. 8, page 431).

Le produit $x^{IV}\,y^{IV}$ est alors positif, et la relation (8') indique, par suite, que la quantité $x''\,y'' + x'''\,y'''$ est négative.

Or, d'après [14], à la solution 1° correspond au contraire une valeur positive de $x''y'' + x'''y'''$.

Cette solution doit donc être rejetée, et l'on a, par conséquent,

$$x'' = \alpha_1, \qquad y'' = \beta_2, \qquad x''' = \alpha_2, \qquad y''' = \beta_1;$$

c'est-à-dire :

$$(16)\quad \begin{cases} x'' = \dfrac{-x^{IV} + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y'' = \dfrac{-y^{IV} - \sqrt{3(2r^2 - y^{IV2})}}{2}, \\ x''' = \dfrac{-x^{IV} - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y''' = \dfrac{-y^{IV} + \sqrt{3(2r^2 - y^{IV2})}}{2} \end{cases}$$

2° *Le point* H^{IV} *est dans l'un des deux angles opposés* xDy', $x'Dy$.

Le produit $x^{IV}y^{IV}$ est alors négatif, et la relation (8′) indique, par suite, que la quantité $x''y'' + x'''y'''$ est positive.

Or, d'après [15], à la solution 2° correspond au contraire une valeur négative de $x''y'' + x'''y'''$. Cette solution doit donc être rejetée et l'on a, par conséquent,

$$x'' = \alpha_1, \qquad y'' = \beta_1, \qquad x''' = \alpha_2, \qquad y''' = \beta_2;$$

c'est-à-dire

$$(17)\quad \begin{cases} x'' = \dfrac{-x^{IV} + \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y'' = \dfrac{-y^{IV} + \sqrt{3(2r^2 - y^{IV2})}}{2}, \\ x''' = \dfrac{-x^{IV} - \sqrt{3(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y''' = \dfrac{-y^{IV} - \sqrt{2(2r^2 - y^{IV2})}}{2}. \end{cases}$$

Nous savons à présent déterminer analytiquement un groupe de points conjugués, l'un d'eux, H^{IV} par exemple, ayant été arbitrairement choisi sur l'ellipse lieu de ces points.

La même détermination peut se faire graphiquement en utilisant la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Dans le triangle formé par un groupe quelconque de trois points conjugués : 1° le point de concours des médianes coïncide avec le centre de l'ellipse lieu des points conjugués ; 2° les directions de chaque médiane et du côté correspondant sont conjuguées dans cette ellipse.*

1° En effet, si, d'une manière générale, on donne les trois sommets $(x''y'')$, $(x'''y''')$, $(x^{IV}y^{IV})$ d'un triangle, les coordonnées x_0, y_0 du point de concours des médianes de ce triangle sont exprimées par les formules

$$x_0 = \frac{x'' + x''' + x^{IV}}{3},$$

$$y_0 = \frac{y'' + y''' + y^{IV}}{3}.$$

Or, les coordonnées de trois points conjugués satisfont aux équations (6) et (7) du § 19, savoir :

$$y'' + y''' + y^{IV} = 0$$
$$x'' + x''' + x^{IV} = 0$$

Les coordonnées du point de concours des médianes du triangle de ces points sont donc

$$x_0 = 0$$
$$y_0 = 0,$$

ce qui démontre la première partie du théorème.

2° Considérons, par exemple, la médiane $H^{IV}\,D\,K^{IV}$ (fig. 9), et le

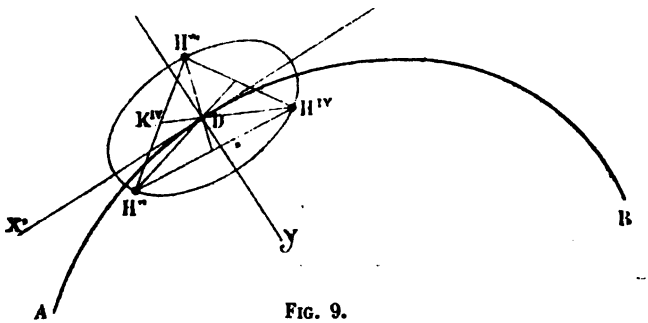


Fig. 9.

côté correspondant $H''H'''$ et supposons, pour fixer les idées, que le point H^{IV} se trouve dans l'angle xDy (1).

Les coordonnées des points H'' et H''' sont dans ce cas (§ 21, formule 16)

$$(16)\quad \begin{cases} x'' = \dfrac{-x^{IV} + \sqrt{3\,(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y'' = \dfrac{-y^{IV} - \sqrt{3\,(2r^2 - y^{IV2})}}{2}, \\ x''' = \dfrac{-x^{IV} - \sqrt{3\,(2\lambda r^2 - x^{IV2})}}{2}, & y''' = \dfrac{-y^{IV} + \sqrt{3\,(2r^2 - y^{IV2})}}{2}. \end{cases}$$

Le coefficient angulaire de la médiane $H^{IV}\,D\,K^{IV}$ est

$$m = \frac{y^{IV}}{x^{IV}}.$$

Celui du côté $H''\,H'''$ est

$$m_1 = \frac{y'' - y'''}{x'' - x'''},$$

ou, en vertu des formules (16),

$$m_1 = -\sqrt{\frac{2r^2 - y^{IV2}}{2\lambda r^2 - x^{IV2}}} = -\sqrt{\frac{1}{\lambda} \times \frac{1 - \dfrac{y^{IV2}}{2r^2}}{1 - \dfrac{x^{IV2}}{2\lambda r^2}}}.$$

(1) La démonstration resterait la même si H^{IV} se trouvait dans un des autres angles formés par les axes coordonnés.

Mais le point H^{IV} étant sur l'ellipse des points conjugués, on a

$$\frac{x^{IV2}}{2\lambda r^2} + \frac{y^{IV2}}{2r^2} - 1 = 0;$$

d'où l'on tire

$$1 - \frac{y^{IV2}}{2r^2} = \frac{x^{IV2}}{2\lambda r^2} \qquad \text{et} \qquad 1 - \frac{x^{IV2}}{2\lambda r^2} = \frac{y^{IV2}}{2r^2}.$$

Substituant dans l'expression de m_1, il vient

$$m_1 = -\frac{1}{\lambda} \times \frac{x^{IV}}{y^{IV}}.$$

Le produit des coefficients angulaires de $H^{IV}DK^{IV}$ et de $H''H'''$ est donc

$$mm_1 = -\frac{1}{\lambda}.$$

Cette relation est précisément celle qui lie les coefficients angulaires de deux directions conjuguées dans l'ellipse

$$\frac{x^2}{2\lambda r^2} + \frac{y^2}{2r^2} - 1 = 0,$$

lieu des points conjugués. Elle démontre donc le 2° du théorème.

Ce théorème donne immédiatement la solution géométrique du problème suivant :

Etant donné un point, H^{IV} *par exemple, sur l'ellipse des points conjugués, déterminer les deux autres points* H'' *et* H''' *du même groupe.*

On tirera $H^{IV}D$ (fig. 9, page 439) qu'on prolongera au delà de D; on portera $DK^{IV} = \frac{DH^{IV}}{2}$; puis on mènera par K^{IV} une parallèle à la tangente en H^{IV} à l'ellipse; cette parallèle coïncidera avec $H''H'''$ et coupera, par conséquent, l'ellipse aux points cherchés.

COROLLAIRE — *La courbe enveloppe des trois côtés du triangle des points conjugués relatifs à une section donnée de l'arc, est une ellipse semblable à l'ellipse lieu de ces points; le rapport de similitude est égal à* $\frac{1}{2}$. *Cette enveloppe est aussi le lieu des milieux des côtés de ce triangle.*

§ 22. — LIGNES CONJUGUÉES EN GÉNÉRAL. — LIGNES CONJUGUÉES PRINCIPALES.

Les groupes de trois points conjugués sont, pour chaque section, en nombre infini. Les moments conjugués entrant dans la formule

(A,) du § 19, étant rapportés à ces points, cette formule renferme, en réalité, une infinité d'expressions différentes, mais de même forme, des déformations élastiques.

Dans les applications, il faut, bien entendu, spécifier quel groupe de points conjugués on entend considérer relativement à chaque section Voici comment :

Soit une courbe $A^{IV}B^{IV}$ (fig. 10) quelconque, rencontrant les ellipses des points conjugués relatives aux différentes sections de l'arc. Nous pouvons assujettir les points H^{IV} relatifs à ces sections, à se trouver sur cette courbe.

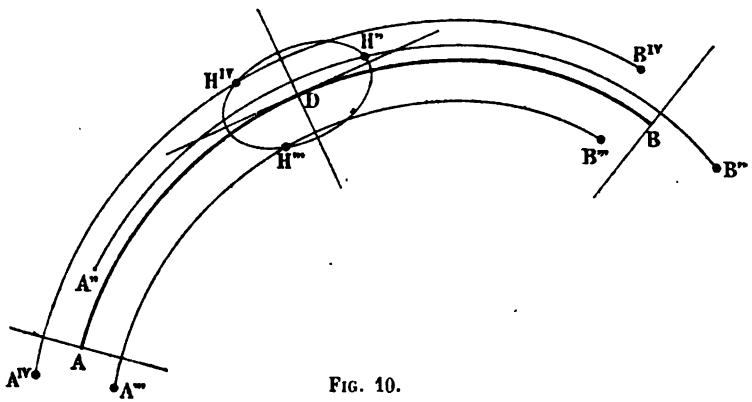


FIG. 10.

En effet, considérons un mobile parcourant $A^{IV}B^{IV}$ dans le sens de A^{IV} vers B^{IV}; ce mobile pénètre dans l'ellipse correspondant à une section D quelconque, en un certain point; plaçons-y H^{IV}. Les deux points conjugués H'' et H''', correspondant à H^{IV}, sont définis, et nous savons les déterminer soit analytiquement, soit géométriquement (§ 21).

En opérant de même pour les autres sections de l'arc, on obtient deux lieux $A''B''$ et $A'''B'''$ des points H'' et H'''.

Nous donnerons aux courbes $A''B''$, $A'''B'''$ et $A^{IV}B^{IV}$ le nom de *lignes conjuguées* de l'arc.

$A^{IV}B^{IV}$ ayant été choisie arbitrairement, on voit qu'un arc admet une infinité de lignes conjuguées.

Trois lignes conjuguées quelconques se correspondent entre elles et avec la ligne moyenne AB, point par point et élément par élément. Dans la suite, nous désignerons par $d\sigma'$ l'élément de courbe qui, sur l'une quelconque des trois lignes conjuguées, correspond à un élément ds de la ligne moyenne.

Parmi les différents systèmes de lignes conjuguées, il en est un

dont l'emploi est particulièrement avantageux dans les applications, parce que le tracé en est des plus simples. Plaçons, en effet, pour chaque section telle que D (fig. 11), le point H'' au sommet de

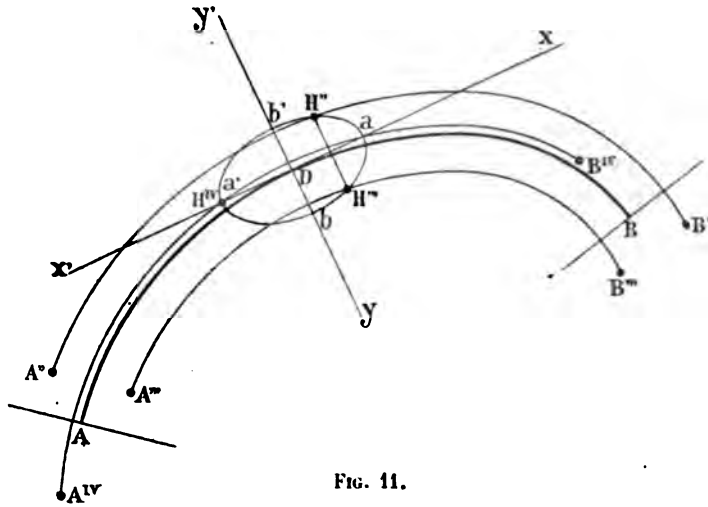


Fig. 11.

gauche a' de l'ellipse des points conjugués correspondant à cette section. En vertu du théorème du § 21, les deux autres points H'' et H''' se trouvent sur une parallèle au petit axe de l'ellipse, menée par le milieu de Da. Les coordonnées des trois points H^IV, H''' et H'', sont dès lors, relativement aux axes Dx et Dy :

$$(H^{IV}) \qquad x^{IV} = -r\sqrt{2\lambda}, \qquad y^{IV} = 0,$$

$$(H''') \qquad x''' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad y''' = +\frac{r\sqrt{6}}{2},$$

$$(H'') \qquad x'' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad y'' = -\frac{r\sqrt{6}}{2}\ (1).$$

Ces points se construisent très facilement au moyen de leurs coordonnées, sans qu'il soit nécessaire de tracer, au préalable, l'ellipse $ab\ a'b'$.

Nous les appellerons *points conjugués principaux* relatifs à la sec-

(1) Pour le fer et l'acier, le rapport λ des coefficients d'élasticité longitudinale et d'élasticité transversale, est généralement considéré comme égal à 3. Les coordonnées des points conjugués principaux sont, dans cette hypothèse :

$$x^{IV} = -2{,}4490\ r, \qquad y^{IV} = 0,$$
$$x''' = +1{,}2245\ r, \qquad y''' = +1{,}2245\ r,$$
$$x'' = +1{,}2245\ r, \qquad y'' = -1{,}2245\ r.$$

tion D ; et les lieux qu'ils décrivent, lorsque le point D décrit la ligne moyenne, seront les *lignes conjuguées principales* de l'arc.

Ces lignes sont immédiatement connues dès qu'on donne la ligne moyenne de l'arc, le rayon de giration de chaque section et le rapport des coefficients d'élasticité longitudinale et d'élasticité transversale.

Remarque. — En plaçant le point H^{IV} au sommet de droite de l'ellipse $a\ b\ a'\ b'$, on obtiendrait un second système de lignes conjuguées principales.

§ 23. — RÈGLE GÉNÉRALE RELATIVE A L'INTRODUCTION DE LA TENSION LONGITUDINALE ET DE L'EFFORT TRANCHANT DANS LES THÉORÈMES DE LA STATIQUE GRAPHIQUE.

Reprenons les formules (A_0'') et (B_0'') du § 19 :

$$(A_0'') \qquad l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m''' + \mathfrak{M}^{IV} m^{IV}}{3\,I}\, ds,$$

$$(B_0'') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}'' m'' + \mathfrak{M}''' m''' + \mathfrak{M}^{IV} m^{IV}}{3\,I}\, ds.$$

Convenons de désigner indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les moments conjugués $\mathfrak{M}''$, $\mathfrak{M}'''$, $\mathfrak{M}^{IV}$, et par m' ceux m'', m''', m^{IV} ; en outre, posons

$$I' = 3\,I.$$

On peut alors écrire

$$(A'') \qquad l = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}' m'}{I'}\, ds,$$

$$(B'') \qquad g = \int_A^B \frac{\mathfrak{M}' m'}{I'}\, ds;$$

étant entendu que $\mathfrak{M}' m'$ représente la somme des produits $\mathfrak{M}'' m''$, $\mathfrak{M}''' m'''$, $\mathfrak{M}^{IV} m^{IV}$, ou bien encore que les intégrales sont prises le long des trois lignes conjuguées. (Voir § 3. *Remarque.*)

Les expressions rigoureuses (A″) et (B″) de l et de g sont exactement de même forme que les expressions approchées (A) et (B), (A′) et (B′). [§ 3. *Comparaison.*]

On conçoit que l'analogie que nous constatons entre ces formules doit persister dans leurs conséquences.

Pour l'établir, il suffirait d'ailleurs de raisonner comme aux §§ 4 et 6. On arriverait à deux théorèmes semblables à ceux du § 4, théorèmes d'où l'on déduirait immédiatement la règle générale suivante analogue à celle du § 6 :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M}{EI}\,ds$, *appliquées aux divers éléments ds de la ligne moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds$, *parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments* $d\sigma'$ *de trois lignes conjuguées (principales ou non) de l'arc.*

On arrive à la même conclusion si, au lieu de substituer — comme nous l'avons fait — les moments conjugués, au moment fléchissant et la tension longitudinale, dans les formules rappelées au § 18, on porte ces moments dans les formules classiques de la déformation des arcs.

§ 24. — Applications et conséquences de la règle générale.

Nous ne suivrons pas cette règle dans ses applications et ses conséquences, comme nous l'avons fait pour la règle analogue du § 6. Nous nous bornerons à renvoyer à la première partie (Chapitre II), en donnant toutefois l'exemple suivant, qui suffira pour fixer les idées.

Ligne de poussée d'un arc reposant sur rotules.

Théorème de M. Maurice Lévy, modifié en vue de l'introduction des déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Traçons trois lignes conjuguées de l'arc (principales ou non).

Soient : $d\sigma'$ un élément d'une quelconque de ces lignes correspondant à un élément ds de la ligne moyenne, y' l'ordonnée de l'élément $d\sigma'$ mesurée à partir de la corde AB de l'arc, que nous supposerons horizontale.

Théorème. — *Si un poids mobile unique* P *parcourt un arc* AB, *de section constante ou variable, reposant sur rotules à ses extrémités, et*

qu'en chaque élément $d\sigma'$ de trois lignes conjuguées quelconques, principales ou non, on applique une force fictive verticale

$$\frac{y'}{I'}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{y'}{I'}\,ds,$$

force connue, ne dépendant que des dimensions de l'arc, la somme des moments, par rapport à un point quelconque D *de la ligne moyenne, des forces fictives afférentes au tronçon d'arc* DB (ou DA) *et de la réaction fictive verticale en* B (ou en A), *représente, à un facteur constant près, la poussée que le mobile arrivé au point* D *détermine dans l'arc.*

Ce facteur constant a pour valeur

$$P : \int_A^B \frac{y'^2\,ds}{I'},$$

l'intégrale étant prise le long des trois lignes conjuguées.

Ce théorème allié aux propriétés connues des courbes funiculaires fournit immédiatement une construction géométrique simple de la ligne de poussée, construction qui tient compte de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

§ 25. — COMPARAISON ENTRE LA MÉTHODE EXACTE ET LA MÉTHODE APPROCHÉE, NÉGLIGEANT LES DÉFORMATIONS DE L'ORDRE DE LA TENSION LONGITUDINALE ET DE L'EFFORT TRANCHANT.

Il est clair que, dans la méthode exacte, on peut remplacer, pour chaque élément d'arc DD′, les forces fictives $\frac{\mathfrak{M}''}{EI'}\,ds$, $\frac{\mathfrak{M}'''}{EI'}\,ds$, $\frac{\mathfrak{M}^{IV}}{EI'}\,ds$, appliquées aux trois points conjugués H″, H‴, H^{IV} de la section D, par leur résultante

$$\frac{\mathfrak{M}''+\mathfrak{M}'''+\mathfrak{M}^{IV}}{EI'}\,ds,$$

appliquée au centre de ces forces, que nous désignerons par la lettre K.

Or les équations (2) (6) et (7) [§ 19] donnent la relation suivante entre les moments conjugués et le moment fléchissant correspondant,

$$\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}''' + \mathfrak{M}^{IV} = 3\,M.$$

D'autre part, nous avons posé précédemment

$$I' = 3\,I.$$

La résultante en question a donc pour valeur

$$\frac{M}{I}\,ds.$$

Son point d'application K dépend des grandeurs relatives des moments conjugués. Il est donc, en général, différent du centre de gravité D de la section, lequel est le centre de gravité du triangle des points conjugués (§ 21, *théorème)*; il ne se confond, d'ailleurs, avec ce dernier, que dans le cas particulier où $\mathfrak{M}'' = \mathfrak{M}''' = \mathfrak{M}^{IV}$.

On voit, dès lors, que l'erreur commise dans la méthode approchée, c'est-à-dire en négligeant la tension longitudinale et l'effort tranchant, consiste à remplacer, pour chaque élément DD′ de l'arc, le point d'application réel K de la résultante fictive $\frac{M}{I}\,ds$, par le centre de gravité D de la section.

NOTE

Transformation des formules classiques de la déformation des pièces courbes, par l'introduction des moments conjugués.

1. — Comme nous l'avons signalé précédemment, les deux règles des §§ 6 et 23, relatives à l'introduction de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique, peuvent s'établir en substituant les *moments conjugués*, au moment fléchissant, à la tension longitudinale et à l'effort tranchant dans les formules classiques de la déformation.

Nous allons effectuer ici les calculs que comporte cette substitution, en supposant qu'on néglige les déformations de l'ordre de l'effort tranchant seulement.

Puis nous indiquerons les formules rigoureuses auxquelles on est conduit si l'on ne néglige aucune déformation.

2. — *Formules ne négligeant que l'effort tranchant.* — Soient (fig. 12, page 447) :

ACB la ligne moyenne d'un arc en équilibre sous l'action de forces quelconques agissant dans le plan de cette ligne;

C_0, C les centres de gravité de deux sections données; D le centre de gravité d'une section quelconque comprise entre C_0 et C (les lettres C_0, C, D désigneront à la fois les centres de gravité et les sections correspondantes);

ξ_0, η_0, ξ, η, x, y les coordonnées des points C_0, C, D par rapport à deux axes rectangulaires ox et oy, arbitrairement choisis dans le plan de la ligne moyenne;

ds l'élément d'arc de ligne moyenne compris entre le point D et le point D_1 infiniment voisin;

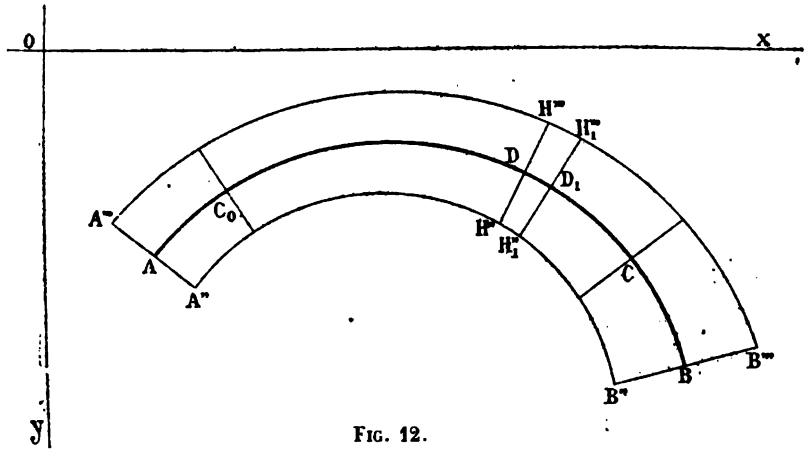


FIG. 12.

α l'angle de l'élément ds avec la partie positive de l'axe des x;

S l'aire, I le moment d'inertie, r le rayon de giration de la section D;

M le moment fléchissant et N la tension longitudinale en cette section;

l_x, l_y les composantes, suivant les axes ox et oy, du déplacement linéaire du point C, g le déplacement angulaire de la section C;

$(l_x)_0$, $(l_y)_0$, g_0 les quantités analogues, relatives au point et à la section C_0.

Ces six déplacements sont liés entre eux par les équations classiques suivantes, qui ne négligent que les déformations dues à l'effort tranchant:

$$(1)\quad l_x = (l_x)_0 - g_0(\eta - \eta_0) + \int_{c_0}^{c} \frac{N\cos\alpha}{ES}\,ds - \int_{c_0}^{c} \frac{M}{EI}(\eta - y)\,ds;$$

$$(2)\quad l_y = (l_y)_0 + g_0(\xi - \xi_0) + \int_{\cdot}^{c} \frac{N\sin\alpha}{ES}\,ds + \int_{\cdot}^{c} \frac{M}{EI}(\xi - x)\,ds;$$

$$(3)\quad g = g_0 + \int_{c_0}^{c} \frac{M}{EI}\,ds.$$

Traçons les deux lignes conjuguées A″ B″, A‴ B‴ de l'arc, définies au § 1.

Soient :

H″ et H‴ les points conjugués relatifs à la section D ; x'', y'', x''', y''', les coordonnées de ces points ;

$\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ les moments conjugués correspondant à cette section ;

M et N sont exprimés en fonction de $\mathfrak{M}''$ et $\mathfrak{M}'''$ par les formules (4) et (5) du § 2, savoir :

$$M = \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2}.$$

$$N = \frac{\mathfrak{M}'' - \mathfrak{M}'''}{2r}.$$

D'autre part

$$S = \frac{I}{r^2}.$$

Substituant dans (1) (2) et (3), et groupant convenablement les termes, il vient :

$$l_x = \begin{cases} (l_x)_0 - g_0(\eta - \eta_0) - \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI}\,[\eta - (y + r\cos\alpha)]\,ds \\ - \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI}\,[\eta - (y - r\cos\alpha)]\,ds ; \end{cases}$$

$$l_y = \begin{cases} (l_y)_0 + g_0(\xi - \xi_0) + \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI}\,[\xi - (x - r\sin\alpha)]\,ds \\ + \displaystyle\int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI}\,[\xi - (x + r\sin\alpha)]\,ds ; \end{cases}$$

$$g = g_0 + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2EI}.$$

Mais on a évidemment, entre les coordonnées des points D, H″ et H‴, les relations

$$x'' = x - r\sin\alpha, \qquad y'' = y + r\cos\alpha,$$
$$x''' = x + r\sin\alpha, \qquad y''' = y - r\cos\alpha.$$

Par conséquent

$$l_x = (l_x)_0 - g_0(\eta - \eta_0) - \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI}(\eta - y'')\,ds - \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI}(\eta - y''')\,ds;$$

$$l_y = (l_y)_0 + g_0(\xi - \xi_0) + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}''}{2EI}(\xi - x'')\,ds + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'''}{2EI}(\xi - x''')\,ds;$$

$$g = g_0 + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'' + \mathfrak{M}'''}{2EI}\,ds.$$

Ainsi que nous l'avons déjà fait au § 3, convenons de représenter indistinctement par $\mathfrak{M}'$ les deux moments conjugués relatifs à chaque section, et par x', y' les coordonnées x'', y'', x''', y''' des divers points des deux lignes conjuguées. Convenons, en outre, de considérer les intégrales comme prises le long de ces deux lignes. Enfin posons

$$I' = 2I.$$

On a dès lors, finalement

$$(4) \qquad l_x = (l_x)_0 - g_0(\eta - \eta_0) - \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}(\eta - y')$$

$$(5) \qquad l_y = (l_y)_0 + g_0(\xi - \xi_0) + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}(\xi - x')\,ds;$$

$$(6) \qquad g = g_0 + \int_{c_0}^{c} \frac{\mathfrak{M}'}{EI'}\,ds.$$

Ce sont les formules que nous avions en vue.

En les comparant avec celles qu'on obtiendrait en négligeant les termes de l'ordre de la tension longitudinale, dans les formules classiques (1), (2) et (3), on est immédiatement conduit à la règle générale du § 6.

3. — *Formules rigoureuses.* — En partant des formules classiques (1), (2) et (3) (n° 2), complétées par l'addition d'un terme contenant l'effort tranchant, on démontrerait, par une analyse analogue à celle exposée au § 19 (2e partie), que les formules (4), (5) et (6), ci-dessus, expriment rigoureusement les déformations élastiques si l'on convient que :

1° x', y' représentent indistinctement les coordonnées des points correspondants de trois lignes conjuguées, principales ou non (§22);

2° $\mathfrak{M}'$ représente les moments conjugués (§ 19), rapportés à ces points;

3° I′ désigne le triple des moments d'inertie des sections auxquelles correspondent les moments $\mathfrak{M}'$;

4° Les intégrales sont prises le long des trois lignes conjuguées.

En comparant ces formules avec celles qu'on obtiendrait en négligeant dans les formules classiques, les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, on est immédiatement conduit à la règle générale du § 23.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Préambule 402

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION DE LA TENSION LONGITUDINALE DANS LES THÉORÈMES DE LA STATIQUE GRAPHIQUE DES ARCS ÉLASTIQUES.

CHAPITRE PREMIER. — *Expressions nouvelles des déformations élastiques. — Conséquences.* 404

1. Points conjugués et lignes conjuguées. — 2. Moments conjugués; leurs expressions. — 3. Expressions des déformations élastiques en fonction des moments conjugués. — 4. Expressions symboliques des déformations. — 5. Construction des déformations élastiques.

CHAPITRE II. — *Théorèmes modifiés par l'introduction de la tension longitudinale.* 414

6. Règle générale.

Arc reposant sur rotules. — 7. Théorème fondamental. — 8. Expression de la poussée, — 9. Ligne de poussée.

Arc encastré aux deux extrémités. — 10. Théorème fondamental. — 11. Expression de la poussée. — 12. Ligne de poussée. — 13. Effets des charges fixes. — 14. Théorème relatif aux centres. — 15. Lignes d'influence du moment fléchissant M et des composantes élastiques X et Y. — 16. Ligne d'influence de la tension élastique en un point donné.

17. *Arcs divers.*

DEUXIÈME PARTIE

INTRODUCTION DE LA TENSION LONGITUDINALE ET DE L'EFFORT TRANCHANT DANS LES THÉORÈMES DE LA STATIQUE GRAPHIQUE DES ARCS ÉLASTIQUES. 430

18. Rappel de formules connues. — 19. Expressions nouvelles des déformations élastiques. Moments conjugués. Points conjugués. — 20. Ellipse des points conjugués correspondants à une section. — 21. Détermination et propriétés géométriques d'un groupe de points conjugués. — 22. Lignes conjuguées en général; lignes conjuguées principales. — 23. Règle générale. — 24. Applications et conséquences. — 25. Comparaison entre la méthode exacte et la méthode approchée.

NOTE

Transformation des formules classiques de la déformation des pièces courbes, par l'introduction des Moments conjugués 446

DISCOURS

PRONONCÉ AUX OBSÈQUES DE M. BANDÉRALI

PAR

M. V. CONTAMIN

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Je viens, au nom de la Société des Ingénieurs civils, adresser un adieu suprême et rendre un dernier hommage à la mémoire de notre collègue et ami, David Bandérali; dire combien est vive notre émotion en présence de cette tombe si soudainement et si prématurément ouverte, et exprimer tous les regrets que nous cause la disparation de l'un de nos sociétaires les plus sympathiques et les plus justement aimés et considérés par la loyauté et la séduction de son caractère.

Des voix autorisées viennent de vous retracer sa carrière d'Ingénieur, si bien remplie, et de vous rappeler les services qu'il a rendus à la grande et puissante Compagnie du chemin de fer du Nord; permettez-moi de ne parler ici que de ses relations avec notre Société et de la part qu'il a prise à nos travaux.

Bandérali a été l'un de nos collègues les plus estimés pour la vivacité de son intelligence, son extrême affabilité et son dévouement aux intérêts de notre grande famille d'Ingénieurs, dont il était membre depuis 1863. Il lui a rendu de véritables services du fait de la compétence avec laquelle il l'aidait à préparer ses excursions à l'étranger, et pour la part importante qu'il prenait dans l'organisation des réceptions que nous étions heureux de pouvoir faire aux Ingénieurs des pays voisins.

Constamment à la recherche des améliorations possibles et à l'affût de tout nouveau progrès, ne marchandant ni ses fatigues, ni ses peines, pour aller les étudier là où ils se réalisaient, Bandérali a été bien certainement l'un des propagateurs les plus

écoutés des transformations successives subies par notre industrie des chemins de fer. Pour ne parler que des communications qu'il nous a faites sur ces sujets spéciaux, qu'il me soit permis de rappeler ses notes et rapports sur les applications de l'électricité et du vide à la manœuvre des freins ; puis son rapport sur les communications entre les voyageurs et les agents des trains, que nous considérons comme des documents on ne peut plus intéressants et susceptibles d'être, encore aujourd'hui, consultés avec fruit.

Conférencier attrayant et écouté, aimant vulgariser et répandre par ce moyen les solutions nouvelles données aux problèmes que, dans notre vie industrielle et sociale, nous avons constamment à résoudre, il nous laisse le souvenir de deux communications des plus attrayantes faites à notre Société : l'une, analysant l'ouvrage de M. le comte de Paris sur les Associations ouvrières en Angleterre, et l'autre, rendant compte, de concert avec notre excellent collègue, M. Chabrier, d'un voyage exécuté par des chefs de service de la réunion des chemins de fer en Angleterre.

Le concours qu'il nous à donné l'année dernière, malgré ses nombreuses et multiples occupations, a été tout particulièrement actif et a contribué, pour une grande part, à la bonne impression que notre accueil a laissée aux Ingénieurs anglais et américains. Il a, de ce fait, aidé à augmenter, dans une mesure profitable à la patrie, nos bonnes relations avec les pays étrangers et mérité tous nos remerciements ; il les a d'autant plus mérités que ce concours ne nous a été donné qu'au prix de fatigues extrêmes, et ce n'est pas sans un sentiment de profonde tristesse que je me vois obligé de reporter à sa mémoire seule l'expression de toute notre gratitude.

En perdant Bandérali, nous ne perdons pas seulement un collègue éminent par ses qualités professionnelles, mais encore, et surtout, un collègue bon et essentiellement serviable ; aussi l'expression de notre peine est-elle unanime et profonde.

Puissent cette universalité de regrets et cette communauté de sympathies apporter quelques consolations à sa pauvre mère éplorée et à sa famille si douloureusement éprouvée ; puisse cette manifestation d'estime adoucir, enfin, le chagrin de tous ceux qu'il laisse derrière lui !

Cher collègue et ami, c'est le cœur serré et saisi d'une poignante émotion, qu'au nom de nous tous je t'adresse un dernier adieu ; ton souvenir te survivra, ta mémoire restera toujours honorée parmi nous.

CHRONIQUE

N° 124

Sommaire. — Les procédés industriels d'impression basés sur la photographie. — Frottement et graissage des coussinets. — Surveillance des ponts métalliques. — Chemins de fer de montagnes en Suisse. — Chemins de fer allemands. — Progrès successifs de la navigation à vapeur.

Les procédés industriels d'impression basés sur la photographie. — Nous trouvons, dans le Bulletin de la classe d'industrie de la Société des Arts de Genève, une note de M. F. Thevoz sur les procédés d'impression basés sur la photographie, question qui présente un réel intérêt pour les ingénieurs.

Les procédés d'illustration les plus usités de nos jours sont la gravure sur acier, la gravure sur pierre, la gravure sur bois et les nouveaux procédés d'illustration chimiques par voie photographique.

La gravure sur acier donne de très beaux résultats, mais son prix élevé l'éloigne de la pratique journalière. La gravure sur pierre ou lithographie est connue de tout le monde; elle a pris depuis quelques années une grande extension dans le commerce et dans l'industrie, mais un de ses plus grands défauts est de ne pouvoir être imprimée avec le texte typographique, ce qui en diminue considérablement le développement. La gravure sur bois présente de grands avantages et s'emploie ordinairement pour l'illustration des livres, journaux, revues, prix-courants, etc.; elle a une certaine valeur artistique, puisque c'est un artiste qui est chargé de reproduire lui-même par son propre talent une planche demandée; les résultats obtenus par ce procédé sont assez complets, mais ce qui le rend défectueux dans la pratique, c'est le temps de fabrication trop prolongé ainsi que son prix trop élevé dans une quantité de cas. En outre, souvent le dessin interprété par le graveur n'est pas exactement dans les mêmes idées que celui de l'original remis.

La question de l'illustration étant des plus importantes, elle a été de tout temps l'objet des recherches de savants professeurs, tels que Senefelder, Poitevin, Niepce, L. Vidal, Eder, etc., et tant d'autres connus et inconnus. Chacun a, par ses recherches approfondies, apporté des éléments nouveaux qui réunis ensemble ont permis de faire entrer l'illustration dans une nouvelle phase, tout en résolvant les problèmes qui s'y rattachent.

La photographie a depuis quelques années pris un développement considérable, elle a pénétré dans les procédés d'impression qu'elle a transformés et modifiés profondément; elle est même devenue indispensable dans les sciences où la précision documentaire est nécessaire; elle a été encore le point de départ de méthodes nouvelles qui ont ouvert de nou-

veaux horizons à l'illustration. Aussi ses applications en font-elles un art indispensable à notre siècle.

Poitevin a été le premier à découvrir les principes d'impression avec encres grasses par voie photographique ; il se trouve par ces découvertes que les tirages au charbon, la photo-lithographie, la photo-zincographie, la phototypie, sont des dépendances d'une même action, sur les mêmes substances, préparées à peu près de la même manière tout en ayant cependant des buts différents.

Le principe sur lequel repose l'impression de l'encre grasse sur couche de gélatine est la propriété qu'a la gélatine ou l'albumine bichromatée de se transformer sous l'action des rayons lumineux, de telle sorte qu'elle devient non seulement insoluble, mais même imperméable à l'humidité: elle est comme tannée, cornifiée par l'action de la lumière, tandis que les parties non atteintes par elle, tout en étant coagulées à un certain degré, sont cependant perméables à l'humidité et plus ou moins, suivant que l'action lumineuse a agi avec une plus ou moins grande intensité.

Il est très important, pour arriver à comprendre la base des nouveaux procédés d'illustration, de bien saisir les principes qui viennent d'être indiqués. Dans ce but, prenons deux plaques de verre recouvertes chacune d'une couche de gélatine sensibilisée au bichromate de potasse ; exposons une de ces plaques à la lumière du jour et recouvrons-les ensuite toutes deux d'eau : la plaque exposée à la lumière n'acceptera aucune humidité, tandis que la plaque non exposée à la lumière prendra l'eau et se gonflera sous son action. Donc pour que l'effet sur lequel on compte pour obtenir l'image se produise, il faut que la plaque de verre gélatiné soit exposée à la lumière sous un négatif photographique, ensuite mouillée sur toute sa surface. Les parties atteintes par la lumière ou refuseront l'eau ou n'en prendront qu'une partie proportionnelle à l'intensité de l'action lumineuse qui a traversé le négatif photographique, tandis que les parties non modifiées, conservant la faculté d'absorber de l'eau, se gonfleront et se satureront d'humidité.

En passant le rouleau chargé d'encre d'imprimerie sur cette plaque, humide seulement dans les blancs, l'encre s'attachera à toutes les parties sèches et l'on verra apparaître aussitôt un dessin se détachant en noir et possédant identiquement les valeurs du cliché photographique sous lequel la plaque a été exposée à la lumière.

Le principe qui fait la base de ces nouveaux procédés étant maintenant connu, nous allons nous occuper de rechercher quelles en sont les diverses applications pratiques au point de vue de l'illustration.

Nous nous bornerons à examiner en gros les trois principaux cas dans lesquels le principe énoncé ci-dessus est mis en pratique depuis quelques années et dont les résultats sont maintenant parfaitement certains et concluants.

Phototypie. — Les plus grands obstacles au développement de la photographie par les simples tirages sur papier albuminé étaient :

1° Le temps trop prolongé des tirages un peu considérables ;

2° L'altérabilité des épreuves obtenues ;

3° Le prix trop élevé, ce qui en interdisait pour la plupart des cas l'emploi aux commerçants et aux industriels.

Il fallait donc trouver un procédé capable de remplir ces trois conditions :

Rapidité, inaltérabilité, bon marché.

La phototypie remplit parfaitement les conditions demandées.

Ce procédé est, comme on l'a déjà indiqué, basé sur la propriété qu'a une couche de gélatine bichromatée de se durcir sous l'action de la lumière et cela dans les valeurs exactes du cliché photographique sous lequel elle a été exposée au jour.

Pour mieux suivre les diverses manipulations de ce procédé, nous allons étudier les différentes phases de reproduction par la phototypie d'un original donné.

Tout d'abord nous avons, par un négatif photographique, à reproduire ou relever d'après nature un original ou une vue quelconque; les clichés photographiques doivent être aussi bons que possible et contenir tous les détails de l'original; ils ne doivent être ni trop durs ni trop doux; en règle générale, un cliché donnant un bon résultat en photographie donnera également de bonnes épreuves en phototypie.

Le cliché obtenu, on s'occupera de recouvrir une surface plane quelconque d'une couche de gélatine mélangée d'une certaine quantité de bichromate de potasse; cette couche sera séchée dans une étuve spéciale et chauffée à environ 40 degrés.

On prend ensuite la plaque phototypique et on la soumet à la lumière sous le négatif photographique; l'image au sortir de cette exposition sera très légèrement visible; on enlève par un lavage de quelques heures à l'eau courante le bichromate en suspens dans la couche de gélatine et désormais cette planche servira de matrice à un nombre assez considérable d'épreuves tirées sur des machines dans le genre des presses d'imprimerie.

La quantité des épreuves tirées sur ces planches dépend du soin apporté par l'imprimeur : il peut varier de 1 000 à 3 000 tirages; les presses hydrauliques employées par la phototypie sont d'une construction spéciale, elles peuvent livrer par jour une moyenne de 800 à 2 000 épreuves.

La phototypie est le procédé d'impression dont le genre se rapproche le plus de la photographie; elle en donne même l'illusion complète et a sur elle la supériorité d'un tirage rapide et moins coûteux, qui n'est pas soumis aux influences et aux caprices du temps; de plus, qualité essentielle, les épreuves obtenues sont durables et inaltérables.

La phototypie, ayant pour base la photographie, illustre d'une manière exacte et reproduit avec une finesse et une douceur très grandes jusqu'aux demi-teintes; elle peut se tirer dans toutes les couleurs et se prête à tous les usages auxquels s'appliquent la lithographie et la chromolithographie.

La photozincographie. — La zincographie est la préparation de clichés sur zinc, en relief, pour l'impression typographique; ce procédé remplace la gravure sur bois d'une manière pratique et donne de belles illustra-

tions, non seulement plus rapidement, mais aussi bien meilleur marché, par la suppression du travail du graveur.

Les clichés sur zinc peuvent être obtenus de plusieurs manières, mais plus particulièrement, soit par le report direct sur zinc de dessins autographiques, soit par le report au moyen de clichés photographiques. C'est dans son application avec l'aide de la photographie que le procédé sur zinc offre les plus grands avantages.

Le même principe que pour la phototypie sert de base à la zincographie. Après avoir plané et poli une plaque de zinc, on la recouvre d'une légère couche d'albumine sensibilisée avec du bichromate de potasse; la plaque une fois séchée est exposée à la lumière sous un négatif photographique; l'action de la lumière est la même que sur la couche de gélatine. La plaque une fois insolée est encrée avec une encre spéciale, puis plongée dans une cuvette contenant de l'eau, le dessin se dégage au bout de quelques instants parfaitement pur et semblable à l'original reproduit.

On obtient donc la reproduction exacte de l'original sur le zinc en encre noire très épaisse, cette encre est renforcée par une couche d'asphalte et de colophane. Le cliché est ensuite creusé par des acides très mordants qui rongent le zinc dans toutes ses parties non recouvertes par l'encre. Au sortir du creusage, nous obtenons un dessin se détachant en relief sur la plaque de zinc; ce relief s'accentue par différentes morsures successives jusqu'à ce que les parties qui doivent rester blanches dans l'impression soient assez profondes pour ne pas permettre aux rouleaux de maculer ces parties.

La plaque de zinc est ensuite montée sur un bloc de bois, de manière que sa hauteur totale soit égale à celle des caractères d'imprimerie, soit 23 *mm.*

On a donc bien par ce moyen un bloc avec dessin en relief susceptible d'être tiré directement avec le texte sur des presses typographiques.

On appelle *autotypie* la reproduction en planches typographiques d'objets, vues, tableaux, aquarelles relevés directement par la photographie sans le concours du dessinateur. Ce procédé présente des avantages importants : la fidélité de la reproduction, la promptitude d'exécution et surtout une grande économie; il est très probable que l'autotypie, en se perfectionnant encore davantage donnera dans la pratique des résultats supérieurs à la gravure sur bois. De grandes maisons en Autriche, en Allemagne et en France exploitent avantageusement ce procédé; tout le monde connaît les produits de la maison Boussod et Valadon, successeurs de Goupil, dans le *Figaro illustré.*

La photo-zincographie se recommande surtout pour la reproduction de dessins originaux, car c'est là qu'éclate sa grande supériorité sur la gravure sur bois : en effet, il n'est pas rare de voir un dessin compris et exécuté par le graveur sur bois tout autrement que l'artiste l'avait conçu. Dans la photo-zincographie le dessinateur de l'original est en même temps le créateur de l'image reproduite.

Il est vrai que, pour un dessin destiné à la reproduction sur zinc, l'artiste doit s'astreindre à certaines règles, de l'observation exacte desquelles dépend au premier rang la bonne réussite du cliché; mais ces

exigences sont d'une nature qui permet à l'artiste de s'y plier facilement.

Pour les impressions en plusieurs couleurs, la zincographie se recommande d'elle-même, puisque par le report du négatif photographique la plus grande exactitude dans le repérage des couleurs est garantie.

La photo-lithographie. — Enfin, comme troisième application du principe énoncé au commencement de cette note, la photographie a modifié dans quelques cas spéciaux les procédés de la lithographie.

Il arrive souvent que les lithographes ont à reproduire des dessins ou des gravures dont les pierres n'existent plus : la photo-lithographie relève d'une manière exacte et parfaite l'image, et cela sans le secours du dessinateur; le travail est, par ce fait, plus rapide, plus fidèle et de beaucoup meilleur marché.

La photo-lithographie a encore un immense avantage pour la reproduction en agrandissement ou en réduction d'un original donné; elle produit un travail d'une finesse remarquable tout en conservant au dessin une exactitude que le procédé par le caoutchouc ne peut atteindre.

Ce procédé est basé sur les mêmes principes que les deux autres qui ont été indiqués précédemment.

Un papier sensibilisé au bichromate de potasse est insolé sous un cliché photographique; la lumière agit en raison de sa vigueur sur la gélatine et donne, comme dans les deux autres procédés, une surface sur laquelle un corps gras tel que l'encre d'imprimerie ne s'attachera que dans les parties attaquées par la lumière. Au lieu d'encrer cette feuille de papier gélatiné avec de l'encre d'imprimerie ordinaire on se sert d'encre à report, et on obtient ainsi un dessin susceptible d'être reporté directement sur pierre et tiré ensuite comme la lithographie ordinaire.

Les procédés nouveaux employés pour l'illustration par leur précision, leur rapidité et surtout leur bas prix, la mettent à la portée de tout le monde; ils offrent ainsi de grands avantages, non seulement aux artistes pour la reproduction de leurs œuvres et aux éditeurs en leur facilitant l'illustration des livres, mais encore aux industriels et aux commerçants pour l'illustration de leurs prospectus et prix courants.

Faut-il insister aussi sur les services que ces procédés peuvent rendre à l'enseignement, à la science, à l'art décoratif et architectural? Les leçons de choses si recommandées pour l'enfance seront faciles avec des reproductions exactes et nombreuses; les progrès dans la mécanique, les découvertes géologiques et archéologiques, les grands projets de construction ou de décoration pourront se vulgariser par des reproductions précises; enfin, dans tous les domaines, l'illustration peut rendre de grands services.

Frottement et graissage des coussinets. — M. J. Goodmann, professeur de mécanique au Yorkshire College, à Leeds, a lu à l'Association des Ingénieurs de Manchester un mémoire sur le frottement et le graissage des coussinets, lequel contient des aperçus qu'il est utile de signaler.

Les conditions qui font varier le frottement entre des surfaces lubrifiées sont : 1° la pression qu'exercent l'une sur l'autre les surfaces en contact; 2° la vitesse du déplacement de ces surfaces l'une par rapport

à l'autre ; 3° la température des surfaces ; 4° la forme des coussinets ; 5° le mode de graissage ; 6° la nature des surfaces en contact, c'est-à-dire les matières dont elles sont composées ; 7° la durée de la pression d'une surface sur l'autre ; 8° la nature du lubrifiant, c'est-à-dire ses propriétés physiques.

Le frottement, d'après les expériences de l'auteur, diminue avec la vitesse, mais jusqu'à une certaine vitesse seulement et pour des charges modérées. La température des surfaces joue un rôle important ; le frottement varie en sens inverse de la température, à condition toutefois que celle-ci ne dépasse pas une certaine limite. La différence de viscosité d'un lubrifiant à l'autre rend impossible l'établissement d'une relation définie entre ces éléments.

La forme des coussinets a une influence des plus considérables sur le frottement. Si le coussinet a seulement comme largeur la moitié du diamètre du tourillon, le frottement n'est que la moitié de celui d'un coussinet qui embrasserait la demi-circonférence du tourillon. La pratique des chemins de fer est parfaitement d'accord avec ce fait. Il est bon toutefois de ne pas réduire la largeur du coussinet à moins de 0,7 *m* du diamètre du tourillon.

On peut opérer le graissage de trois manières : en faisant tremper le tourillon dans l'huile, avec un tampon, ou avec une mèche trempant dans un godet et faisant siphon. Le premier moyen est le meilleur, mais ne peut pas toujours être employé en pratique ; le second est le plus économique ; le dernier est le moins efficace et le plus dispendieux ; il donne, d'après M. Goodmann, un frottement quadruple du premier et sensiblement double du second.

Quant à la matière dont sont faits les coussinets, on trouve peu de différence d'un bronze à l'autre ; l'emploi du métal blanc présente des avantages incontestables ; la fonte donne un très bon frottement avec un graissage abondant.

Un coussinet pressé d'une manière continue doit être moins chargé par unité de surface que si la pression est intermittente ou change de sens. Cela tient à ce que dans le premier cas le lubrifiant peut être expulsé d'entre les surfaces. Ainsi on ne dépasse guère pour les portées des arbres 30 à 35 *kg* par centimètre carré, tandis que les grosses têtes de bielles supportent très bien des pressions de 150 *kg* et les petites de 350 *kg* par centimètre carré.

L'auteur pense que pour établir les proportions des supports d'arbres tournants, au lieu de prendre pour point de départ la charge par unité de surface, il est préférable de prendre le nombre de calories qu'une surface donnée est susceptible d'évacuer. De très nombreuses expériences faites par lui démontrent qu'avec un coussinet en métal à canon et un axe en acier, il n'y a pas à craindre d'échauffement avec la proportion d'un pouce carré par unité thermique anglaise par minute, ce qui correspond en mesures françaises à 1 calorie pour 25,6 cm^2 par minute, ou inversement 1 cm^2 pour 0,04 calorie. On obtient le nombre de calories par le travail dépensé par le frottement, c'est-à-dire le produit de la charge par le coefficient du frottement et par la vitesse de rotation du tourillon ; ce produit en kilogrammètres, divisé par l'équivalent

mécanique de la chaleur, donne le nombre de calories cherché. Les coefficients de frottement admis par M. Goodmann sont, tant que la vitesse ne dépasse pas 0,50 *m* par seconde, c'est-à-dire une grande proportion des cas de la pratique, 0,010 *m* pour les tourillons trempant dans l'huile, 0,012 *m* pour le graissage avec tampon, et 0,015 à 0,020 *m* pour le graissage par mèche et godet.

L'auteur s'est occupé des coussinets à sphères employés dans certains appareils tels que les bicycles. Il admet que : 1° le coefficient de résistance est constant, c'est-à-dire que la résistance est toujours directement proportionnelle à la charge; 2° que la résistance est indépendante de la température. On pouvait s'attendre à cette conclusion. Le coefficient de frottement des coussinets à boules est plus élevé que celui des coussinets ordinaires baignant dans l'huile, mais il est moindre que celui-ci avec les autres modes de graissage.

On peut encore citer quelques considérations sur le frottement au départ, que l'auteur attribue à l'effort nécessaire pour séparer les molécules de l'huile plus ou moins visqueuses. Avec les lubrifiants solides, la différence entre le frottement au départ et le frottement en marche, est beaucoup réduite. Voici divers chiffres relevés par M. Goodmann à ce sujet. Avec de l'huile dite *Asbestos Oil*, de Bell, le frottement au départ a été trouvé de 0,192, le frottement en marche est tombé à 0,0084, rapport 22,9. Avec un mélange d'*Asbestoline*, de Bell, et de graisse solide dure, les deux coefficients ont été trouvés de 0,090 et 0,035, rapport 2,6. Les deux coefficients proportionnels de frottement au départ étant 1 et 4,2 et les deux coefficients en marche, de 21 et 1.

Ces faits présentent de l'intérêt.

L'auteur construit en ce moment un appareil pour mesurer le frottement sous des pressions pouvant atteindre 20 *t*, et espère pouvoir en tirer des renseignements utiles pour la question. Celle-ci présente, en effet, un intérêt sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister. Les grosses machines sont, comme on l'a dit avec raison, de véritables usines à frottement qui consomment du métal et du combustible, et qui coûtent des frais d'établissement. Ce qu'on peut gagner là-dessus est un bénéfice net qui est loin d'être négligeable.

Surveillance des ponts métalliques. — La question de la surveillance et de l'entretien des ponts métalliques est une de celles qui s'imposent aujourd'hui aux administrations de chemins de fer, en raison de la grave responsabilité qu'elle entraine.

La ligne autrichienne Kaiser-Ferdinand-Nordbahn a organisé, depuis quelques années, cette surveillance d'une manière systématique, et sans qu'il en résulte de dépenses sérieuses, car la surveillance et l'entretien de 614 ponts métalliques, représentant 1 261 travées, ne coûte en moyenne que 37 500 *f* par an.

Ce service est confié à un personnel spécial chargé de surveiller les ponts, d'y faire les petites réparations courantes d'entretien, peinture, etc., et de prendre note de toutes les circonstances qui peuvent présenter un intérêt quelconque par rapport à ces ouvrages. C'est certainement le

moyen le plus certain de conserver la sécurité de la circulation sur les ponts et d'assurer à ceux-ci la plus longue durée possible.

Nous profiterons de cette occasion pour indiquer les dispositions générales d'un arrêté, en date du 25 septembre 1886, de l'Inspection générale autrichienne, relatif à la surveillance des ponts métalliques, et adressé à toutes les administrations de chemins de fer. Nous devons cette communication à l'obligeance de notre collègue, M. Gerstner.

La chute du pont suspendu de Mahrisch-Ostran qui a eu lieu le 15 septembre 1886 et qui eut des conséquences si graves, et surtout la cause reconnue de cet accident, des portions de chaines rongées par la rouille, commandent à l'heure actuelle d'une manière impérieuse de surveiller rigoureusement et consciencieusement les ponts métalliques de tout genre employés sur les chemins de fer.

Depuis la reconstruction de l'ancien pont suspendu du chemin de fer de ceinture de Vienne, sur le bras du Danube, il n'y a plus en Autriche de pont suspendu servant à un chemin de fer. Aussi les conditions de revision des ouvrages de ce genre de ponts, revision toujours très difficile et onéreuse, bien qu'elle ne soit pas absolument impossible, ne s'appliquent plus aux autres systèmes de ponts dont la surveillance peut s'exercer à tout moment sans trop de difficultés. Néanmoins il est indispensable de consacrer une attention très sérieuse aux ouvrages métalliques et d'en faire l'objet d'observations continuelles et rigoureuses.

L'accident cité plus haut a démontré l'action destructive et rapide de la rouille; il importe donc d'empêcher par tous les moyens l'accès de l'humidité aux divers points d'un pont métallique. Aussi on doit particulièrement surveiller les endroits où des boulons ou rivets se desserreraient et laisseraient un intervalle entre des pièces qui devraient normalement être en contact intime.

Dans ces cas, le remplacement des rivets, le serrage des boulons, le mattage ou remplissage des joints et, s'il le faut, le renouvellement total ou partiel de la peinture deviennent nécessaires.

Les poutres en forme de caissons exigent des soins particuliers, de même qu'en général les poutres construites par l'assemblage de tôles et fers marchands.

Il faut surtout tenir les surfaces propres, assurer l'écoulement des eaux, ménager à cet effet des trous d'écoulement là où il est nécessaire, et assurer le fonctionnement de ceux qui existent déjà.

Les poutres en forme de gouttières contenant des longrines en bois demandent une grande surveillance. Si les longrines, comme c'est presque toujours le cas, remplissent complètement l'intervalle des tôles, la formation de la rouille est grandement facilitée.

Dans les conditions normales, la peinture d'un pont a une durée de quatre à cinq ans; comme celle des longrines en bois est du double à peu près, il est nécessaire d'enlever ces longrines une fois au cours de leur existence pour repeindre les parties des tôles en contact avec elles.

Il y a lieu de mentionner les poutres tubulaires ou cylindriques creuses encore en usage sur certaines lignes. La seconde forme est peu employée dans les ponts, mais elle est très en usage dans les supports de réservoirs, colonnes, arbalétriers, etc.

L'examen des surfaces intérieures de ces poutres est très difficile, mais il est cependant indispensable de vérifier leur état. Les administrations de chemins de fer qui ont des pièces de cette nature sont invitées à procéder à cette vérification à moins qu'elle n'ait été déjà faite récemment.

La destruction par la rouille est moins à redouter pour la fonte; celle-ci doit néanmoins être surveillée au point de vue des fissures, gerçures, etc., et convenablement peinte.

Les administrations de chemins de fer devront donner dans le sens des indications précédentes des instructions à leurs agents, et informer l'inspection générale de ce qui aura été fait à cet égard.

Chemins de fer de montagnes en Suisse. — Depuis la construction du chemin de fer du Rigi terminé en 1871, les chemins de fer de montagnes destinés plus particulièrement aux touristes ont pris en Suisse un très grand développement. On en jugera par la statistique suivante des lignes classées en chemins de fer à crémaillère ou mixtes (crémaillère et adhérence) et en chemins de fer funiculaires, statistique donnée par le *Progrès industriel et commercial.*

Lignes à crémaillère A.

		LONGUEUR	RAMPE MAXIMA	RAYON DES COURBES
		m	*0/00*	*m*
Arth-Rigi.	en exploitation. .	13 540	200	120
Vitznau-Rigi	— . .	5 155	250	120
Rorschach-Heiden . . .	— . .	5 276	90	120
Brunig.	— . .	58 000	120	120
Saint-Gall-Gais	— . .	14 020	90	30
Alpnachstad-Pilate . .	— . .	4 228	480	80
Brigue-Airolo.	concédé.	61 000	60	250
Maloja-Castasegna. . .	—	20 000	100	—
Appenzell-Gais	—	5 420	66	80
Capolajo-Generoso. . .	—	9 200	270	100
Zweilutschinen-Grindelwald	—	11 800	120	80
Rönigen-Schynige Platte	—	7 230	230	80
Weggis-Staffelhohe . .	—	4 300	250	150
Appenzell-Wagenlucke	—	15 500	185	90

Chemins de fer funiculaires B.

		LONGUEUR	RAMPE MAXIMA	RAYON DES COURBES
		m	*0/00*	*m*
Lausanne-Ouchy. . . .	en exploitation. .	2 456	116	400
Bienne-Macolin	— . .	1 660	320	300
Territet-Glion	— . .	599	570	500
Giessbach.	— . .	331	320	75
Lugano, gare du Gothard	— . .	248	230	150
Gutsch	— . .	162	530	ligne droite.
Marzili (Berne).	— . .	105	302	150
Zurichberg	— . .	180	260	100
Burgenstock.	— . .	850	550	150
Lauterbrunuen-Murren (section inférieure). .	en construction. .	1 360	570	100
Beatenberg	concédé	1 610	400	400
Martinsberg.	—	200	392	ligne droite.
Gurten	—	1 060	300	200
Lausanne-Signal. . . .	—	600	220	200
Ecluse-Plan.	—	370	360	300
Kolbenhof-Utliberg. . .	—	625	440	—
Paradiso-Salvatore, . .	—	1 650	600	250
Weggis-Rigi.	—	2 085	590	300

On pourrait ajouter à cette liste déjà longue quantité de projets qui surgissent tous les jours et qui visent presque toutes les cimes, même les moins accessibles. Il est certain que si le Mont-Blanc était en Suisse, comme tant de gens le croient, il y a beau temps qu'une demande de concession eût été adressée au Conseil fédéral pour un funiculaire ou un chemin de fer à crémaillère.

A défaut, il y a les deux projets qui menacent la Jungfrau (altitude 4130 *m*), celui de M. Kœchlin et celui de M. Trautweiler. Ce dernier aurait un développement total de 6 500 *m* et des inclinaisons variant suivant les sections de 33 à 98 0/0.

On pourrait croire que le prodigieux développement des chemins de fer de touristes en Suisse s'explique par le succès financier de ce genre d'entreprises. Il n'en est rien. Quelques-unes ont donné et donnent encore de gros dividendes, mais on peut dire que c'est l'exception.

Voici, d'après la statistique des chemins de fer suisses pour 1888, les recettes brutes rapportées au kilomètre et le revenu des actions pour ceux des chemins de fer funiculaires désignés au tableau B ci-dessus qui étaient en exploitation en 1888.

	RECETTE BRUTE KILOMÉTRIQUE	REVENU DU CAPITAL-ACTIONS
	f	*0/0*
Bienne-Macolin	18 172	0,78
Burgenstock	39 837	4,51
Giessbach	49 084	3,69
Gutsch	163 429	15,91
Lausanne-Ouchy	72 434	Néant.
Lugano-Gare du Gothard	88 726	5
Marzili (Berne)	101 838	Néant.
Territet-Glion	119 725	5

La moyenne du rendement de ces huit lignes est de 4,3 0/0, mais si on en retranche le petit chemin de fer du Gutsch, à Lucerne, qui appartient à un maître d'hôtel, et dont le rendement est exceptionnel, on trouve que la moyenne des sept autres tombe à 2,7 0/0.

Les résultats des chemins de fer à crémaillère indiqués dans le tableau A ne sont pas beaucoup plus brillants. Sur les six chemins de fer désignés comme étant en exploitation, trois seulement l'étaient en 1888 Le Vitznau-Rigi a donné un revenu de 8 0/0, mais ni le Arth-Rigi, ni le Rorschach-Heiden n'ont rien donné. Il est à craindre qu'une bonne partie des nouvelles lignes concédées ne soient pas plus rémunératrices.

En dehors de ces deux catégories, il existe un assez grand nombre de lignes du même genre à adhérence, chemins de fer sur routes et tramways. Ces derniers sont seulement en Suisse au nombre de trois: les tramways de Genève qui exploitent également le petit réseau de Bienne (longueur totale, 16720 *m*), les tramways de Zurich (8600 *m*), et le tramway de Vevey-Chillon; ce dernier est à traction électrique et a un parcours de 10374 *m*. Les deux premières entreprises donnent un rendement de 4 0/0; la troisième commençait seulement à fonctionner en 1888, et ses débuts ont été très difficiles. L'exploitation est maintenant tout à fait régulière.

On peut ajouter à la liste des tramways, ceux de Berne, qui doivent commencer leur exploitation le 1er mai. La traction se fera par l'air comprimé au moyen de force motrice empruntée à une chute de l'Aar.

Chemins de fer allemands. — On vient de publier la statistique officielle des chemins de fer allemands pour l'exercice écoulé du 1er avril 1888 au 31 mars 1889.

La longueur totale des lignes à voie normale de l'empire d'Allemagne s'élève à 40295 *km* contre 39360 l'exercice précédent. Le nombre total des stations ou haltes ouvertes à l'exploitation est de 6872.

Le matériel comprend à la fin de l'exercice précité 13107 locomotives, dont 2839 machines-tender, dont la valeur totale est estimée, y compris les tenders, à 735 164793 *f*, soit en moyenne 56090 *f* par machine; — 24386 voitures à voyageurs, représentant en totalité 1041500 places, d'une valeur collective de 239 182571 *f*, soit en moyenne 4442 *f* par

essieu; — 254 385 fourgons et wagons à marchandises, ayant ensemble 518 ,26 essieux, et un port de 2 571 397 *t*, et enfin 1 604 wagons-poste avec 4 087 essieux.

Il a été transporté 399 864 460 voyageurs, dont 1 880 184 de première classe, soit moins de 1/2 pour cent, 35 293 668 de seconde, 218 727 917 de troisième, 77 268 604 de quatrième, et 6 694 087 avec des billets de réquisition ou militaires; le trafic des marchandises s'est élevé à 197 879 030 *t*.

Ces résultats sont en progression notable sur l'exercice précédent où le nombre des voyageurs s'était élevé seulement à 315 991 747 et le tonnage des marchandises à 177 368 209 *t*.

Le capital d'établissement ressort en totalité à 12 milliards et 594 millions de francs, ce qui fait une moyenne de 314 882 *f* par kilomètre.

Les recettes de l'exploitation se sont élevées pour 1888-89 à 1 milliard 828 millions de francs en nombres ronds, en augmentation de 96 millions sur l'exercice précédent. Les dépenses d'exploitation ont été de 45,78 0/0 des recettes brutes, contre 46,29 pour 1887-88. La différence représente 5,40 0/0 du capital d'établissement.

Il y a eu 2 549 accidents, dont 508 par déraillements, 251 par collisions et 1 905 par autres causes. Ces accidents ont entraîné la mort de 715 personnes, dont 31 voyageurs, et blessé 1 470 autres, dont 123 voyageurs. Dans le chiffre des morts, on compte 153 suicides.

Si on excepte ces derniers, on trouve une moyenne de 3,58 personnes blessées par 10 000 trains.

La répartition des chemins de fer entre les divers États de l'Allemagne est la suivante :

	LONGUEUR	LONGUEUR PAR 100 km^2	LONGUEUR PAR 10 000 HABITANTS
Prusse	24 048	6,90	8,27
Bavière	5 344	7,04	9,71
Saxe	2 135	14,24	6,45
Wurtemberg	1 461	7,49	7,21
Bade	1 402	9,29	8,64
Alsace-Lorraine	1 319	9,09	8,40
Hesse	913	11,88	9,38
Mecklembourg-Schwerin	889	6,68	15,28
Saxe-Weimar	311	8,66	9,74
Mecklembourg-Strelitz	182	6,22	18,35
Oldenbourg	399	6,21	11,47
Duchés divers	1 210	10,26	9,79
Principautés diverses	265	4,71	4,80
Villes libres	130	13,48	1,65
Allemagne	40 008	7,40	8,33

Progrès successifs de la Navigation à vapeur. — On peut citer comme un exemple remarquable des transformations successives qui se sont produites depuis près de soixante ans dans la navigation à vapeur, le tableau ci-dessous emprunté au matériel de la Compagnie Péninsulaire et Orientale, qui est probablement la plus ancienne Société de transports maritimes à vapeur qui existe.

Les cinq navires qui figurent dans ce tableau se succèdent à des intervalles de quinze années, sauf le dernier, qui est beaucoup plus rapproché du précédent, et qui se rapporte au dernier progrès réalisé dans les machines marines : l'introduction de la triple expansion.

ANNÉES	NOMS	TONNAGE	PUISSANCE INDIQUÉE	VITESSE EN NŒUDS	PRESSION EFFECTIVE	MACHINE ET PROPULSEUR
					kg	
1837	*Iberia*	516	180	8	0,5	R. Balancier.
1852	*Indus*	1 950	1 367	10,5	1	R. Oscillante.
1867	*Hindostan*	3 113	3 194	12	2	H. Horizontale.
1882	*Ballaarat*.	4 752	4 500	13	6	H. Compound.
1887	*Oceana*.	6 000	7 000	15,7	10	H. Triple-expansion.

On voit, d'après ce tableau, qu'en 1837 il fallait 1 cheval pour propulser 2,87 tonneaux et, inversement, 2,87 tonneaux pour porter une puissance d'un cheval; ce rapport a passé ensuite à 1,43, puis à 1, 1,05, et enfin 0,86 ; ce rapport a donc diminué de 3,34 à 1, tandis que la vitesse a augmenté dans le rapport de 1 à 1,96, c'est-à-dire sensiblement doublé. Il y aurait encore à faire intervenir la capacité de transport et celle de l'approvisionnement de combustible, qui permettent, aujourd'hui, de longues traversées, tandis que le premier navire porté sur le tableau se bornait au service de Falmouth aux ports des côtes d'Espagne et de Portugal. Il nous suffit ici d'appeler l'attention sur les chiffres qui précèdent, empruntés à un discours de M. Manuel, président de l'*Institute of Marine Engineers*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1890.

Rapport de M. de Comberousse sur un **tableau mécanique** construit par M. l'abbé Leris.

Ce tableau mécanique est très supérieur comme exécution aux objets analogues provenant de la Suisse et de la Forêt-Noire et la solidité est beaucoup plus grande. On y remarque des détails ingénieux pour la transmission des mouvements.

Rapport de M. Redier sur la **machine et les fraises à arrondir les dents des roues de montres** de M. Carpano, fabricant d'horlogerie à Cluses (Haute-Savoie).

La machine de M. Carpano ne diffère des machines analogues que par des dispositions de détail et des perfectionnements, mais les fraises qui l'accompagnent méritent une mention toute particulière. Ces fraises sont d'une seule pièce comprenant la partie qui taille et la partie d'hélice qui conduit. Ce résultat ne peut être obtenu que par un tour de main très délicat que l'auteur ne divulgue pas.

La production de l'usine de M. Carpano est de 100 000 roues de montres par semaine, ce qui représente les éléments d'un million de montres par an.

Rapport de M. Édouard Simon, sur la **machine étireuse-broyeuse-échardonneuse** de M. Fulgence Merelle, de Roubaix.

On sait que les laines provenant de l'Amérique du Sud sont souillées de graines, au point qu'il serait impossible de les employer industriellement sans l'intervention de machines spéciales dites échardonneuses ou égratteronneuses.

On a opéré d'abord par battage, ce qui avait l'inconvénient de briser les matières végétales et de les subdiviser; on a essayé de procédés chimiques basés sur l'emploi d'acides qui devaient carboniser les matières végétales sans altérer la laine. La difficulté de régler l'action de ces acides a fait échouer ces procédés dits *d'épaillage*.

Depuis quelques années, on revient au procédé mécanique en substituant l'écrasement au broyage ou battage. La machine de M. Merelle est basée sur ce principe; elle comporte des cylindres étireurs à vitesse progressive et des cylindres broyeurs pressés par des ressorts qui permettent au rouleau supérieur de s'écarter en cas de besoin.

La machine est complétée par un appareil d'ensimage et peut traiter par jour 1 200 *kg* de laine dégraissée.

Rapport de M. Édouard Simon sur une **machine à dévider et peser automatiquement les laines, cotons et fils** et sur une **machine à dévider, peser et faire les pelotes,** de M. L. Mouchère, à Angoulême.

Le but de ces appareils est la production de pelotes ou écheveaux d'un poids absolument régulier.

La machine à dévider et peser automatiquement est d'une précision remarquable. Le fil dévidé est reçu dans un bassin formant plateau de balance. Au fur et à mesure de sa chute dans ce bassin, une aiguille verticale plongée dans un bain de mercure s'élève et à l'instant précis où le fil fait équilibre au poids réglé d'avance, l'aiguille sort et interrompt un courant électrique, lequel arrête le dévidage. Il ne reste qu'à couper le fil, à enlever le pot plein et à le remplacer par un vide et à rétablir le dévidage.

La seconde machine réunit un appareil à dévider et peser comme le précédent et une peloteuse ; l'ensemble fonctionne à la main, étant destiné à la confection de petites parties.

Traitement de l'acier à la presse hydraulique, par M. W.-H. Greenwood.

M. Greenwood a présenté à l'*Institution of Civil Engineers* un mémoire sur l'installation qu'il a faite aux forges d'Abouchoff pour couler sous pression des lingots d'acier destinés à la fabrication des canons et des obus et qui doivent être absolument exempts de soufflures.

L'emploi de la compression sur l'acier liquide a été proposé dès 1856 par Sir Henry Bessemer, mais c'est à Sir Joseph Witworth qu'est due sa réalisation pratique. Toutefois, ce procédé est très peu employé à cause des installations coûteuses qu'il nécessite.

Il y a aux forges d'Abouchoff une presse hydraulique de 10 000 *t* installée au milieu de l'aciérie composée de deux fours Siemens, d'un four à creusets au gaz, de deux fours à creusets au coke et d'un four à réverbère.

Les pressions varient de 600 à 1 900 atmosphères ; plus le lingot est volumineux, plus il faut presser fort et longtemps. Avec un lingot de 860 *mm* de diamètre, il faut, pour assurer une homogénéité parfaite, maintenir pendant quarante minutes une pression de 2 100 atmosphères ou 1 500 atmosphères pendant cinquante minutes.

Le lingot se raccourcit de 9 0/0 par la pression. Une pression de 200 à 900 atmosphères suffit pour améliorer considérablement la ductilité et l'homogénéité des lingots, mais l'homogénéité parfaite exige l'application prolongée de pressions allant de 2 000 à 2 300 atmosphères.

On connaît peu de choses sur la cause de la destruction des bulles par la compression ; on ne sait si les gaz sont expulsés ou occlus ou dissous à nouveau dans le métal. Quoi qu'il en soit, l'amélioration due à la compression est un fait positif. On peut utiliser la totalité des lingots dont, sans la compression, on ne pouvait utiliser que les deux tiers ; il

fallait enlever parfois au tour le tiers du métal d'un lingot avant de pouvoir le laminer en barres.

La compression n'augmente pas beaucoup la résistance à la rupture, mais elle améliore considérablement la ductilité ou l'allongement qui augmente de 40 0/0 dans le cas des éprouvettes longitudinales. Ce résultat est encore plus accentué avec les éprouvettes transversales.

Le résumé de la communication de M. Greenwood, donné par le Bulletin de la Société d'Encouragement, est dû à notre collègue M. G. Richard.

Les habitations ouvrières à l'Exposition de 1889. — Ce compte rendu est extrait du *Journal officiel* (numéro du 12 décembre 1889). Il contient des renseignements intéressants sur diverses installations d'habitations ouvrières faites en France, en Alsace et en Belgique.

Machines Simonds travaillant le métal par roulement. — Cette machine qui figurait dans la galerie des machines, section américaine, a vivement excité l'attention. La description donnée par le Bulletin de la Société d'Encouragement est tirée du *Journal de l'Institut de Franklin*. Elle est accompagnée de figures qui permettent de se rendre compte de l'action de cette curieuse machine.

Le but est de produire économiquement et avec précision des pièces à section cylindrique mais autres que de simples cylindres, au moyen d'un métal ductile et malléable. La méthode employée pour atteindre ce résultat consiste à faire mouvoir deux matrices d'acier parallèlement et en sens inverse l'une de l'autre; ces matrices saisissent le métal en même temps que leurs surfaces se rapprochent, elles le roulent et leur donnent la forme voulue qui est toujours parfaitement nette. Le caractère essentiel de ce mode de fabrication est que le métal en baguette se trouve refoulé dans le sens de son axe et est soumis tantôt à une réduction de diamètre en tout ou en partie, ce qui empêche la matière d'être endommagée par renflement; tantôt le diamètre du métal est augmenté, avec cette particularité que l'achèvement de la surface ne se produit que lorsque le métal a pris sa forme complète.

La machine produit des essieux, axes, vis, boulons, sphères, etc., et les articles ainsi fabriqués sont comparables aux pièces tournées comme fini et comme précision. Des expériences répétées ont indiqué que la ductilité et la résistance du métal n'étaient nullement altérées.

Tuyaux articulés. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal*). — Il s'agit de divers systèmes de tuyaux articulés pour conduites d'eau d'assez fort diamètre destinés à remplacer les tuyaux en caoutchouc avec spirale métallique.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JANVIER 1890.

Paroles prononcées aux funérailles de M. Jacquet,

inspecteur général des Ponts-et-Chaussées, par M. Fargaudie, vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir (2e article), par M. Bazin, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Le premier article, inséré dans les *Annales de 1888*, 2e semestre, avait pour objet la détermination des coefficients de débit des déversoirs pour le cas des nappes libres s'écoulant au-dessus d'une mince paroi verticale. Dans le présent article, l'auteur étudie la forme des nappes en étendant ces expériences au cas où la paroi d'amont, supposée d'abord verticale, est inclinée dans un sens ou dans l'autre.

La détermination de la surface supérieure des nappes ne présente pas de difficulté. On l'obtient au moyen d'une règle le long de laquelle on fait courir une tige divisée, dont on relève les hauteurs aux différents points de la règle horizontale. La surface inférieure est beaucoup plus difficile à relever. On y arrive en opérant de même que pour la surface extérieure, mais en terminant la tige par un couteau d'acier tranchant très mince et à pointe effilée qui pénètre dans la nappe, dont on observe le contact avec la surface inférieure de la nappe.

On a fait également usage d'une tige traversant la nappe et ayant en dessous une pointe ascendante. Les deux résultats employés concurremment à titre de vérification ont donné des résultats absolument concordants.

On a relevé ainsi un grand nombre de profils de nappes dont les ordonnées sont contenues dans de nombreux tableaux.

Le mémoire étudie ensuite la distribution des vitesses et des pressions dans l'intérieur des nappes libres. On a employé pour les déterminations de ces éléments de petits tubes de Pitot qu'on introduisait dans l'intérieur de la nappe à diverses régions au moyen de précautions convenables.

Note sur le **traité des ponts métalliques** de M. Jean Resal, ingénieur des Ponts et Chaussées, par M. A. Flamant, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

M. Resal avait publié en 1885 un premier volume comprenant l'étude des poutres droites à travées indépendantes, des ponts suspendus et des ponts en arc. Le dernier volume qui vient de paraître est consacré à l'examen des autres systèmes de ponts tels que Bowstrings, poutres droites à travées solidaires, ponts grues et systèmes articulés, et enfin des piles métalliques.

Nous croyons intéressant de citer les conclusions que tire l'auteur de l'étude comparative des différents systèmes de poutres en usage. C'est qu'il ne semble pas y avoir lieu de conclure à la supériorité absolue de tel ou tel type. Le choix à faire en vue d'établir un pont dans des conditions déterminées dépend toujours essentiellement des conditions particulières où l'on se trouve, telles que dispositions à prendre pour le montage, stabilité plus ou moins complète des appuis, poids de la surcharge par rapport à la charge permanente, etc.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 28 janvier 1890.

Séance du 12 novembre 1889. — Compte rendu de la réception des membres de l'Institut par la Société des Ingénieurs civils, à Paris, par M. TIDEMAN.

Communication de M. VAN DER VEGT sur un projet de port de mer à établir à Scheveningue pour les bateaux de pêche.

L'idée d'établir un port de mer à Scheveningue. dans le voisinage immédiat de La Haye, a de nouveau mis en mouvement les esprits et les plumes. Les bateaux de pêche de Scheveningue, au nombre de plusieurs centaines, manquent absolument d'abri, et ceux qui ne sont pas au large sont ordinairement tirés sur la plage. Pour remédier à cet inconvénient, on a proposé de faire un port et on a fait élaborer un projet par une commission dont faisait partie M. Van der Vegt. Les négociants de La Haye, s'emparant de cette idée, ont voulu la tourner à leur profit pour mettre la capitale en relation immédiate avec la navigation maritime et en faire une artère de commerce international. Les divergences de vues amenées par ce nouvel élément ont conduit à des discussions peu fructueuses. Pour répondre à diverses attaques sur le terrain technique et économique, M. Van der Vegt a cru devoir établir ce que comportait le mandat, d'ailleurs assez précis, qui lui avait été donné, et ce que la commission avait fait pour satisfaire le mieux possible à son programme, en présence des ressources disponibles.

Communication de M. SLANG sur le déplacement de 1 *m* dans le plan horizontal, et sur une longueur de 250 *m*, d'une portion de la conduite principale des eaux de La Haye (diamètre 0,457 *m*), sans interruption du service.

Livraison du 5 mars 1890.

Description d'un marégraphe enregistreur, de construction très simple, pour indiquer le maximum et le minimum du niveau et l'heure à laquelle ces hauteurs sont atteintes, par M. ERMERINS.

Note sur la construction d'un pont tournant et d'une écluse, dans le port de Wlaardingen, par M. KOCK. — Ce travail est un nouvel exemple des difficultés qu'on a à surmonter dans les terrains vaseux des polders de la Hollande.

Livraison du 28 mars 1890.

Séance du 11 février 1890. — Communication de M. HUET sur les machines élévatoires proposées pour le desséchement d'une partie du Zuydersée.

M. Huet, partisan déclaré du desséchement partiel du Zuydersée, expose, avec sa compétence incontestée, le système de machines qu'on pourra appliquer avec succès pour le desséchement du Hoornsche Hop

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

et le transformer en un polder de 13 000 *ha* de superficie utile. La hauteur maxima d'élévation (hauteur très variable, du reste), est de 5,5 *m* ; le volume d'eau à élever est de 722 m^3 par minute.

Dans cette communication se trouve discuté le système de pompes et de moteurs, avec l'indication du rendement utile qu'on pourra obtenir, et celle des dépenses de construction et d'exploitation, etc. Les planches qui accompagnent le mémoire donnent une idée complète des travaux à faire.

Communication de M. Schaly sur les travaux d'amélioration du détroit entre les îles de Java et de Madura, donnant accès à la rivière de Solo et à la ville de Sourabaya.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *5 avril 1890.*

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. Tobell.

Expériences sur la résistance des feuilles de papier et d'étain dans deux sens perpendiculaires, par H. Wehage *(fin)*.

Les ascenseurs de la tour Eiffel, par M. F. Gutermuth.

Groupe de Berg. — Disposition de sûreté pour métiers à tisser. — Exposition générale allemande d'appareils pour prévenir les accidents à Berlin en 1889. — Barrage de la vallée de l'Eschbach. — Explosion de chaudières à Munster. — Éclairage électrique du théâtre municipal de Barmen. — Installation centrale d'éclairage électrique de Barmen.

Patentes.

Bibliographie. — Principes fondamentaux de mécanique avec application aux machines, par Geigenmüller.

Correspondance. — Géométrie, mécanique et cinématique.

N° 15. — *12 avril 1890.*

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. Tobell *(suite)*.

État actuel de la métallurgie de l'or.

Broyeur à billes, de Sachsenberg frères et Bruckner.

Machines à coudre.

Groupe de Hesse. — Machine à vapeur Westinghouse.

Groupe de Cologne. — Ecoles techniques moyennes.

Patentes.

Bibliographie. — Appareils de condensation, par J. Schwager.

Variétés. — Tramway électrique, système Sandwell.

N° 16. — *19 avril 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de 1889 à Paris, par B. Salomon *(suite)*.

Causeries sur la mécanique appliquée, par le Dr G. Holzmuller *(suite)*.

Dispositions de sûreté pour les machines de l'industrie textile à l'Exposition de Berlin en 1889, par Ernest Müller.

Décisions juridiques dans les questions de patentes d'invention.

Patentes.

Bibliographie. — Applications de l'électricité à l'art de la construction, par H. Gorges et H. Zickler.

Variétés. — Les chemins de fer allemands pendant l'exercice 1888-89.

N° 17. — *26 avril 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Levée des clapets de pompes et recherches faites à ce sujet, par J. Tobell *(suite)*.

Destruction totale d'une machine de 10 000 chevaux, par Otto H. Mueller.

Nécessité d'une réforme scolaire.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Remarques sur l'industrie sidérurgique de l'Allemagne occidentale.

Groupe de Berlin. — Recherches sur les huiles de graissage.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel populaire de meunerie, par G. Pappenheim. — Manuel de mécanique appliquée, par K. Karmarsch, refondu par H. Fischer. — Ammoniaque et composés ammoniacaux, par R. Arnold. — Traitement des eaux ammoniacales, par L. Weill-Gotz et F. Desor.

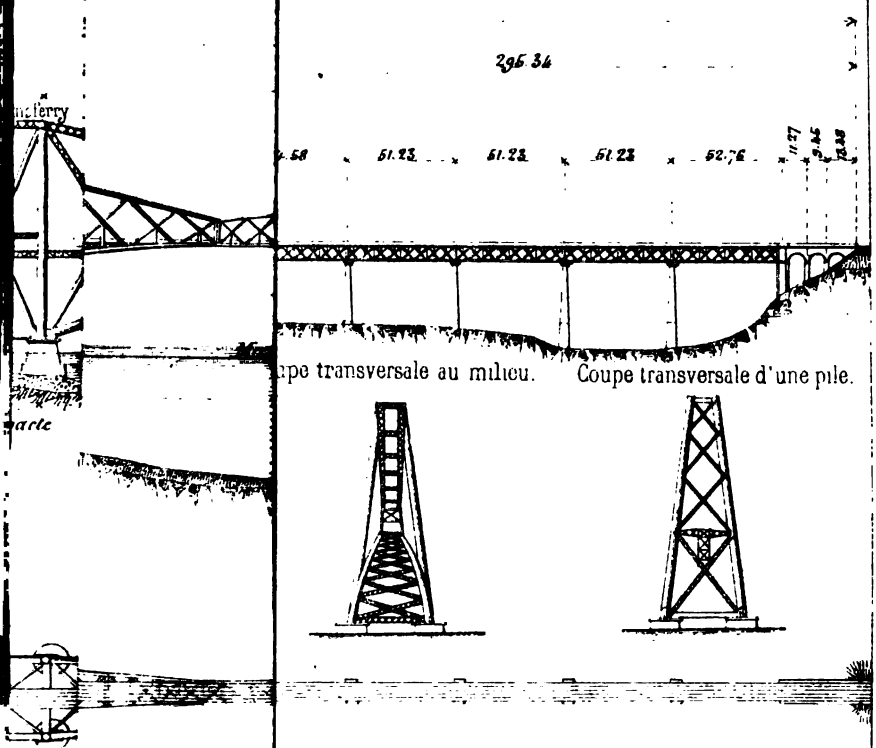
Correspondance. — Manuel des sciences de l'ingénieur.

Variétés. — École royale de mécanique appliquée à Breslau. — Cartes pour diagrammes d'indicateur. — École industrielle de Hagen.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX. — RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8222-5-90.

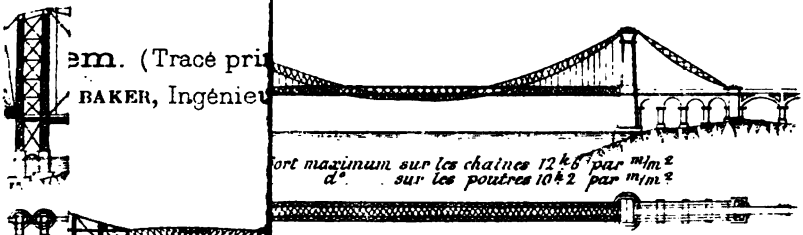


sent

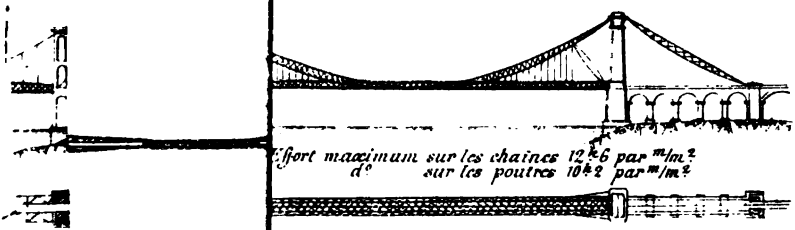
de S. aines entretoisées.

em. (Tracé pri

BAKER, Ingénieu



ben aines entretoisées.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1890

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai 1890.

1° *Décorations* (Séances des 2 et 16 mai, pages 477 et 593.

2° *Dons de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs* (Séance du 2 mai, page 477).

3° *Membre correspondant (Lettre d'acceptation de)* (Séance du 2 mai, page 477).

4° *Membres honoraires (Proposition de nomination de)* (Séance du 2 mai, page 478).

5° *Legs de 20 000 francs de M. Adolphe Meyer* (Séance du 2 mai, page 478).

6° *Congrès des accidents du travail* (Volumes publiés par le Comité d'organisation du), don de M. E. Gruner (Séance du 2 mai, page 479).

7° *Circulaires ministérielles russes, concernant les ponts métalliques (Traduction des)*, par M. Belelubsky (Séance du 2 mai, page 480),

8° *Traités de commerce et leur renouvellement (Les)* Suite de la discussion du Mémoire de M. E. Bert, par M. J. Euverte, E. Simon, P. Gassaud, G. Cerbelaud, Ch. Herscher, Ed. Roy, E. Polonceau, E. Bert, E. Coignet, H. Couriot, J. Fleury (Séances des 2 et 16 mai, pages 480 et 508).

9° *Décès* de MM. L. de Loriol, Ch. Viron, E. Ameuille et G.-A. Berthon (Séance du 16 mai, page 508).

10° *Statique graphique des arcs élastiques (Mémoire sur la)*, par M. Bertrand de Fontviolant, et observations de MM. V. Contamin, E. Polonceau et Chaudy (Séance du 16 mai, page 503).

Pendant le mois de mai, la Société a reçu :

31572 — De M. E. Turbot (M. de la S.). ***Album des produits de la manufacture de chaînes-câbles et clous.*** In-8 ital. de 15 p. Paris, Genève, 1888.

31573 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). ***Hydraulique expérimentale.*** In-8 de 8 p. Paris, hôtel des Sociétés savantes, 1889.

31574 à 31577 — De M. P. Gronsky (M. de la S.). 4 brochures en russe.

31578 — De l'***Institution of Civil Engineers. Minutes of Proceedings, vol. XCIX, 1889-1890, part. I.*** London, 1890.

31579 — De M. Toni-Fontenay (M. de la S.). ***Ciments fabriqués par la Société Vicat,*** et Notice de M. Toni-Fontenay. In-8 de 108 p. Grenoble, Maisonville et fils, 1881.

31580 — De M. G. Eiffel (M. de la S.). ***Congrès international des procédés de construction. Procès-verbaux sommaires, par M. G. Petit.*** In-8 de 63 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

31581 — De la Compagnie américaine d'ascenseurs. ***Notice sur les ascenseurs et les monte-charges hydrauliques sans puits, système Otis.*** In-8 de 18 p. Paris, Chaix, 1889.

31582 — De la ***Société académique d'architecture de Lyon. Annales, tome IX, exercice 1887-1888.*** Lyon, Mougin-Rusand, 1889.

31583 — Du Ministère des Travaux publics. ***Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1888. Documents principaux.*** Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31584 — De M. le baron M. de Vautheleret (M. de la S.). ***Traversée centrale des Alpes par le col du Géant.*** In-8 de 127 p. avec pl. Abbeville, A. Rétaux, 1890.

31585 — De M. H. Palm. ***Die Materiellen Rechtsgrundsätze des Oesterreichischen Privilegien-Gesetzes.*** Grand in-8 de 87 p. Wien, H. Palm, 1890.

31586 — De M. Toni-Fontenay (M. de la S.). ***Chaux hydrauliques et ciments par Merceron-Vicat.*** Petit in-8 de 77 p. Grenoble, Breynat et Cie, 1885.

31587 — De M. F. Brabant (M. de la S.). ***Note sur la production et la décomposition de l'acide carbonique dans les hauts fourneaux au coke.*** In-8° de 18 pages. Liège, A. Desoer, 1889.

31588 et 31589 — De M. E. Gruner (M. de la S.). Exposition universelle internationale de 1889. ***Congrès international des accidents du travail, t. I, rapports;*** in-8° de 516 pages; ***t. II, comptes rendus des séances.*** In-8° de 473 pages. Paris, J. Baudry, 1890.

31590 — Du Ministère des Travaux publics. ***Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1890.*** In-4° de 215 pages avec planches, 2 exemplaires. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31591 — De M. J. Rothschild. ***Causeries scientifiques de H. de Parville : l'Exposition universelle de 1889, 29e année.*** In-12 de 694 pages. Paris, J. Rothschild, 1890.

31592 et 31593 — De M. G. Eiffel (M. de la S.) Exposition universelle de 1889, Congrès international des Procédés de construction, *Note sur les constructions métalliques*, de MM. Eiffel, Contamin et Fouquet, in-8° de 26 pages, et *Note sur l'emploi de l'acier dans les constructions*, de M. Considère. In-8° de 11 pages. Paris, Chaix, 1889.

31594 — De M. Fossati. *Moyens incontestables destinés à prévenir et arrêter les accidents de chemins de fer et moyens de sauvegarder immédiatement la vie des voyageurs. Nouveau système de traction et de navigation.* In-8°.de 56 pages. Paris-Auteuil, Roussel, 1889.

31595 — De M. H. Vaillant-Carmanne. *Des régulateurs appliqués aux machines à vapeur*, de M. V. Lebeau. In-8° de 76 pages. Liège, C. Brandt, 1890.

31596 — De M. L. Malo (M. de la S.). *L'Exposition universelle de 1889.* In-8° de 291 pages. Lyon, *Salut public*, 1890.

31597 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *Traité élémentaire de la cuisson et de la fabrication des produits hydrauliques*, de M. H. Bonnami. Dijon, R. Aubry, 1889.

31598 — De M. P. Hanrez (M. de la S.). *Note sur le générateur multitubulaire système P. Hanrez et sur ses applications en métallurgie*, de M. V. Tahon. In-8° de 13 pages avec planches. Paris et Liège, C. Borrani, 1890.

31599 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *L'année industrielle. 4e année, 1890.* In-12 de 311 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

31600 — Du même. *Historique et description de la Tour Eiffel.* In-12 de 46 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

31601 — Du même. *Le chemin de fer glissant de Girard et Barre.* In-12 de 38 pages. Paris, B. Tignol, 1889.

31602 — Du même. Conférences de l'Exposition universelle de 1889 : *L'industrie ostréicole en France.* Grand in-8° de 28 pages. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31603 — De la Compagnie du Chemin de fer du Nord. *Rapport présenté par le Conseil d'administration, exercice 1889.* In-4° de 132 pages, 5 exemplaires. Lille, L. Danel, 1890.

31604 — De M. R. H. Thurston (M. de la S.), *Hirn and Dwelshauvers' Theory of the Steam Engine Experimental and Analytic.* In-8° de 11 pages. 1890.

31605 — De M. A. Gouvy (M. de la S.). *Stahl und Eisen, Internationaler Berg und Hütenmännischer Congress Paris 1889.* Grand in-8° de 20 pages. Düsseldorf, A. Bagel, 1889.

31606 — De la Société de Dépôts et de Comptes courants. *Compte rendu du Conseil d'administration, exercice 1889.* In-4° de 15 pages avec annexes. Paris, Ve Éthiou-Pérou et fils, 1890.

31607 — De M. A. Hallopeau (M. de la S.). Conférences de l'Exposition universelle internationale de 1889 : *L'état de la métallurgie*

1789-1889. Le maître de forges. Grand in-8° de 60 pages. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31608 — De M. G. Féolde (M. de la S.). *Droit romain : du contrat de transport. Droit français : des transports par chemins de fer, voyageurs et marchandises.* In-8° de 457 pages. Paris, A. Rousseau, 1890.

31609 — Du Chemin de fer Grand-Central belge, direction des voies et travaux. *Compte rendu de l'exercice 1889.* In-4° de 47 pages autographiées. Bruxelles, 1890.

31610 — De M. A. Hillairet (M. de la S.). *Transmission électrique de Domène (Isère).* Feuille in-8° avec planches. Paris, 1889.

31611 — De M. E. Thomas (M. de la S.). *Isthme de Panama, projet de canal à 6 écluses et tunnel de 1 400 m sous la Culébra.* Grand in-8° de 8 pages avec planches. Fourmies, V. Bachy, 1890.

31612 — De la Chambre syndicale des Constructeurs de machines et d'instruments d'agriculture de France. *Traités de commerce. Réponses au questionnaire.* Petit in-8° de 15 pages. Paris, C. Morrhein, 1889.

31613 — De M. N. Forney. *Memoir of Horatio Allen.* In-12 de 47 pages. New-York, 1889.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de mai sont :

Comme membres sociétaires :

M. P.-A. Dillemann, présenté par MM. Hallopeau, Contamin et Forest.

Comme membres associés :

MM. Farjas, présenté par MM. Contamin, Demmler et A. de Dax.
Sijmons, — de Koning, Ribbius et Post.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1890

Séance du 2 mai 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Bethouard comme officier du Nicham, et celle de M. Ansaloni au grade de chevalier de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie.

M. LE PRÉSIDENT signale l'abandon de nouveaux bons, et il est heureux d'adresser les remerciements de la Société à MM. Gottschalk, qui abandonne 9 bons, Brüll 5 bons et Bobin 2 bons. *(Applaudissements.)*

La Société a reçu de M. Prothais une lettre, par laquelle notre collègue accepte les fonctions de membre correspondant à Porto-Rico; nous lui avons fait connaître tout le plaisir que nous cause son acceptation.

M. LE PRÉSIDENT prononce l'allocution suivante :

Messieurs, notre belle et magistrale Exposition de l'année dernière n'a pas seulement démontré au monde l'influence que le génie français continuait à exercer sur la marche ascendante des progrès que la science et l'étude permettent de faire réaliser aux différentes branches de l'activité humaine; elle a, de plus, aidé à développer les sentiments de très grande sympathie que nous témoignent un grand nombre de nations amies.

Notre Société a contribué pour sa part dans une large mesure à rendre ces relations de plus en plus affectueuses. En exerçant de son mieux et avec toute la cordialité possible les devoirs de l'hospitalité envers les Ingénieurs étrangers qu'elle avait invités à notre grande manifestation pacifique, elle a établi entre eux et nous une solidarité d'intérêts et fait

naître un désir de relations de plus en plus intimes ne pouvant que profiter à nos travaux professionnels et aux intérêts généraux de nos patries respectives.

Les témoignages d'estime et d'affection que nos collègues étrangers nous ont donnés ont été nombreux et nous ont profondément touchés; nous y avons répondu de notre mieux afin de conserver et accroître, si possible, cette sympathie si précieuse à notre Société.

Mais, si vous reportez vos souvenirs aux discours prononcés et aux manifestations de sentiments d'estime échangés, vous reconnaîtrez combien les Ingénieurs russes ont été tout particulièrement bienveillants et avec quel sentiment de profonde justice ils ont rendu hommage aux maîtres et créateurs de l'art de l'Ingénieur, maîtres que notre chère patrie a la bonne fortune de pouvoir compter au nombre de ses enfants. *(Applaudissements.)*

Ces témoignages de sympathie se sont continués depuis et viennent de se traduire tout récemment par une manifestation de bonne et cordiale confraternité à laquelle nous avons pensé ne pouvoir mieux répondre qu'en vous proposant de nommer Membres honoraires de notre Société:

M. Kotchoubey, Président de la Société Impériale Polytechnique de Russie.
M. Ghercevanoff, Vice-Président.
M. Belelubsky, id.
M. Herzeinstein.

Puisse ce témoignage d'affectueuse considération et cet hommage rendu à la valeur professionnelle d'un corps d'Ingénieurs en tout digne des grandes destinées de son beau pays, resserrer les liens d'amitié qui unissent le génie civil russe au génie civil français. *(Vifs applaudissements.)*

A la prochaine séance, il sera procédé au vote sur les nominations qui viennent d'être soumises à l'approbation de la Société.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'à la séance du 25 avril il a été donné avis que notre regretté collègue, M. Adolphe Meyer, nous avait légué une somme de 20 000 *f* pour la fondation d'un prix triennal qui porterait le nom de J.-J. Meyer, son père. M. le Président demande à l'Assemblée si elle est d'avis d'accepter ce legs et met aux voix la résolution suivante:

« L'Assemblée, après avoir pris connaissance des termes du testament » de M. Meyer, en date du 21 mars 1888, et après avoir délibéré, » accepte le legs fait par M. Adolphe Meyer à la Société des Ingénieurs » civils.

» Conformément à l'article 27 des statuts, l'Assemblée autorise M. le » Président V. Contamin, M. G. Cerbelaud, Secrétaire, et M. H. Cou- » riot, Trésorier, à poursuivre par les voies de droit la délivrance de ce » legs. Elle autorise en tant que de besoin les trois personnes ci-dessus » désignées à déléguer à l'une d'entre elles ou à une tierce personne » tous les pouvoirs nécessaires à l'exécution desdites démarches et à la » délivrance de ce legs. »

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

M. Gruner dépose sur le bureau les deux volumes publiés par le Comité d'organisation du Congrès des Accidents du travail et les deux premiers numéros du Bulletin du Comité permanent international, qui continue l'œuvre du Congrès.

Ce Congrès des Accidents du travail, tenu à Paris en septembre 1889, sous la présidence de M. Linder, inspecteur général des mines, a réuni plus de huit cents adhérents français et étrangers. Les séances de ses trois sections technique, de statistique et de législation ont été très suivies. Le soin apporté à la préparation des travaux de chaque section a prévenu toute dissertation vague : chaque séance avait un programme défini, et un ou plusieurs rapports imprimés et distribués à l'avance définissaient nettement chacun des sujets en discussion.

Le premier volume groupe ces différents rapports, revisés avec soin par leurs auteurs. Il serait trop long de citer les titres de tous ces travaux; il suffira de nommer les principaux rapporteurs, MM. Numa Droz, Cheysson, Luzzatti, O. Keller, Olry, Béziat d'Audibert, Livache, Compère, Mamy, etc. Ils ont étudié les accidents du travail au point de vue de la prévention, par les améliorations techniques ou la réglementation administrative, et au point de vue de la réparation par l'organisation des secours, des pensions, de l'assurance, soit libre, soit obligatoire.

Le second volume donne le compte rendu complet des visites faites à l'Exposition par la section technique, et des séances tenues à l'École de Droit par chacune des trois sections.

Les études de MM. Toqué, Mamy et Danzer ont montré, soit par l'analyse des publications les plus récentes, soit par l'examen de l'Exposition de Berlin, le nombre considérable de dispositifs propres à prévenir les accidents qui ont déjà été appliqués.

Les statistiques, disséquées avec une remarquable perspicacité par MM. Keller, Harzé, etc., ont fait voir, à côté de progrès considérables, l'existence de dangers encore nombreux qu'il faut chercher à prévenir et à atténuer quant à leurs effets sociaux.

L'exposé successif, fait par plusieurs délégués étrangers, de la législation préventive dans les divers pays de l'Europe et de l'Amérique était comme une introduction à la Conférence de Berlin, où la France a été si dignement représentée, en particulier par le président même du Congrès.

La réparation des accidents n'a pu être étudiée sans mettre de suite sur le tapis les grandes questions de l'interversion de la preuve et de l'assurance obligatoire.

L'essai de physiologie expérimentale de l'assurance obligatoire et d'Etat, et de l'assurance libre et facultative, développé avec éloquence par le commandeur Luzzatti, a élevé de suite la discussion; et le remarquable travail de M. Cheysson sur l'organisation de l'assurance a donné à grands traits une solution qui semble devoir convenir d'une façon très satisfaisante au génie français.

Ces quelques journées de discussion ont mis en lumière bien des points de vue divers. Mais il était prématuré de conclure sur aucune, et il n'a été procédé à un vote que sur une seule question : à l'unanimité, l'assemblée a demandé la continuation des études par les soins d'une

commission permanente qui grouperait les documents législatifs, statistiques, techniques, sur la question des accidents, et publierait des études critiques ou des analyses des projets et documents législatifs.

Près de cinq cents adhérents reçoivent dès maintenant le Bulletin de la Commission permanente, dont M. Gruner dépose les deux premiers numéros (1).

Au moment où l'Allemagne et l'Autriche développent leur législation d'assurance obligatoire, où la Suisse, la Belgique, la Suède, l'Italie, la France, cherchent à modifier leur législation sociale, et se demandent toutes si elles doivent s'engager dans la même voie que l'Allemagne, ou éviter cette législation destructive de toute idée de patronage et d'action individuelle, il était important de réunir rapidement des documents certains sur ces questions. Tel est le but de ce Bulletin, qui ne représente aucune idée préconçue, qui n'a pas pour but de défendre telle ou telle solution, mais qui se propose seulement de publier les documents les plus complets sur l'état de la question des accidents du travail dans les divers pays.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. E. Gruner des renseignements qu'il vient de donner et annonce que la Société a reçu une lettre de M. C. Canovetti, au sujet d'une observation faite par M. H. Forest, dans la séance du 11 avril dernier, pour le calcul d'une arche surbaissée, considérée comme une poutre continue, à propos de la communication de M. E. Coignet. Notre collègue rappelle, à l'appui de cette observation, que la question du déplacement des courbes des moments fléchissants dû aux charges irrégulièrement réparties figure dans l'étude qu'il a présentée à la Société et qui est insérée au *Bulletin de février 1882*.

La Société a reçu également une lettre de M. Belelubsky accompagnant un envoi de la traduction des circulaires ministérielles qui règlementent, en Russie, les conditions d'établissement et de résistance auxquelles doivent satisfaire les ponts métalliques. M. Belelubsky remplit ainsi la promesse qu'il avait bien voulu faire, à ce sujet, à M. Eiffel, lors du Congrès des procédés de construction. M. le Président se propose de donner lui-même, dans une prochaine séance, une analyse de ce travail. En attendant, il adresse à M. Belelubsky les remerciements de la Société pour le nouveau témoignage de sympathie qu'il nous a donné par l'envoi de ces utiles documents.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion de la communication de M. E. Bert sur *les Traités de commerce et leur renouvellement*.

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. J. Euverte pour répondre à M. Fleury, rappelle en quelques mots l'intérêt que notre éminent collègue a toujours témoigné, au cours de sa longue et brillante carrière dans l'industrie métallurgique, à toutes les questions qui touchent à la classe ouvrière. Au moment où nous discutons sur les traités de commerce, il a paru bon à M. le Président d'invoquer ce souvenir qui fait le plus grand honneur à M. Euverte. *(Approbation.)*

(1) *Congrès des Accidents*. Bulletin du Comité permanent, au Secrétariat, 37, boulevard Magenta, Paris.

M. J. Euverte répond qu'il ne s'attendait pas au très grand honneur que vient de lui faire le Président. Il a eu le plaisir de recevoir souvent M. Contamin dans les usines de Terrenoire, où il a pu constater les faits qui viennent d'être rappelés.

Tout ce qui est relatif aux ouvriers a toujours été pour M. Euverte une question capitale et lui paraît devoir être le but principal des efforts des Ingénieurs.

Si les Ingénieurs civils ont une mission importante, c'est celle de servir d'arbitres entre le capital et le travail : c'est la partie la plus grande, la plus importante, la plus intéressante de la mission de l'Ingénieur. Il est évident que les intérêts du capital sont importants, on ne peut pas, on ne doit pas les abandonner, car le capital est la base essentielle de l'industrie; mais il est certain aussi que le sort des travailleurs mérite une grande sollicitude. Ces deux éléments, capital, travail, placés en présence l'un de l'autre, dans le plus grand nombre des cas, sous le régime de la société anonyme, arriveraient difficilement à se mettre d'accord si les Ingénieurs, les directeurs d'usines, ne venaient apporter entre les deux l'influence de leur science et de leur impartialité.

M. Euverte remercie M. le Président de lui avoir fourni l'occasion de faire à nouveau cette profession de foi; ce sont les idées qu'il a défendues et défendra pendant toute sa vie industrielle. Peut-être plus encore dans l'intérêt du travail que dans celui du capital.

Ceci dit, il aborde la question qui doit être traitée aujourd'hui.

M. Euverte rappelle que, dans les quelques paroles qu'il a prononcées à la dernière séance, il avait annoncé son intention de prendre part à cette discussion, uniquement dans un but modérateur. Il a constaté et il pense que tout le monde constatera comme lui que, depuis un certain nombre d'années, les idées protectionnistes ont fait en France un progrès considérable, tellement considérable qu'il faut se demander s'il n'y a pas à craindre que les esprits ne se laissent entraîner un peu loin dans cette voie.

Il se disposait donc à traiter surtout la cause de la modération dans le système protecteur, lorsque M. Fleury est venu introduire dans la discussion le libre-échange dogmatique et absolu, qui paraissait devoir rester en dehors.

M. Euverte constate que M. Fleury a soutenu sa thèse avec un talent remarquable; il a entendu dire et répéter autour de lui que M. Fleury est un charmeur; son plaidoyer en faveur de la liberté absolue des échanges n'est donc pas un élément négligeable, et il est nécessaire d'y répondre avant de passer outre.

M. Euverte n'entreprendra pas de faire ici un examen complet de ce qu'a dit M. Fleury; celui-ci a dit beaucoup de choses, il a fait un travail considérable qu'il n'y a pas lieu de refaire après lui.

M. Fleury a soutenu la thèse du libre-échange absolu; c'est là une idée qui, au premier abord, peut paraître séduisante, et il n'y a presque pas d'homme qui, dans sa jeunesse, n'ait trouvé que le libre-échange était une vérité incontestable. Mais aussitôt que l'on touche à l'industrie, et que l'on arrive à avoir une responsabilité, si petite soit-elle, les

appréciations se modifient beaucoup, et l'on arrive à voir que cette liberté absolue peut être une vérité, mais une vérité sans application pratique.

Il est bien probable qu'à l'origine des sociétés, les hommes n'ont pas songé à établir des droits de douane ; mais à partir du moment où les sociétés sont devenues ennemies, à partir du jour où elles se sont fait la guerre et ont voulu pénétrer de leur domaine sur celui des nations voisines, la liberté du commerce n'est plus absolue, et l'idée des barrières apparaît. Nous verrons plus loin à quelles conditions certains peuples ont accepté la liberté de commerce ; nous verrons quand, comment et dans quelles conditions ils l'ont acceptée.

M. Fleury a reconnu, d'ailleurs, que jusqu'à ce jour le libre-échange n'a jamais été appliqué en France ; cela est vrai. Les traités de 1860 ne constituaient pas le libre-échange. On a eu le tort de les faire trop rapidement, presque par surprise ; le pays n'était pas prêt pour cette révolution subite. Ce fait est établi dans la lettre du 5 janvier 1860, dans laquelle on disait à la France :

« Nous allons faire des routes, des canaux, des chemins de fer, au moyen desquels vous aurez la facilité de lutter contre les industries étrangères. »

Malheureusement, cela n'a pas été fait, et nous avons été tous surpris par cette secousse, où le mal a été plus grand qu'on ne peut le croire, et cela par des raisons qui n'ont point été appréciées exactement tout d'abord. Lorsque les traités de commerce de 1860 ont été faits, on a dit à toutes les industries :

« Développez-vous ! »

On a mis à la disposition de l'industrie une somme dérisoire de 40 millions pour lui permettre les immobilisations indispensables. La production s'est développée, mais on s'est appauvri au point de vue du capital, et l'on est entré ainsi dans une mauvaise voie pour l'industrie ; les capitaux devenaient insuffisants. Puis, les difficultés sont venues, les embarras se sont multipliés, et finalement l'industrie a éprouvé de graves mécomptes à la suite de ces traités de 1860.

Mais ce n'était point là le libre-échange absolu, M. Fleury le reconnaît lui-même.

M. Euverte demande s'il est possible aujourd'hui de songer à appliquer les doctrines du libre-échange ? Que voyons-nous autour de nous depuis vingt ans ? L'Amérique a augmenté les droits de douanes jusqu'à la prohibition, l'Allemagne, l'Italie et presque tous les pays d'Europe sont devenus protectionnistes ; partout nous voyons l'idée protectionniste se développer ; est-ce le moment de nous désarmer ? Non, certainement.

Si, aujourd'hui, on donnait le pouvoir à M. Fleury et qu'on lui dise : Faites ! On peut affirmer qu'il n'oserait pas appliquer le libre-échange absolu, il ne le pourrait pas, il ne le voudrait pas ; il éprouverait le plus grand embarras pour l'application équitable et raisonnée de son système et serait obligé de se livrer à une enquête sérieuse, ce qui est le contraire de la doctrine libre-échangiste.

Lorsqu'on voit un homme sérieux, intelligent, comme M. Fleury, que vous appréciez et que vous estimez tous, arriver à l'idée du libre-échange on se demande comment cela est possible ?

M. Euverte pense qu'il n'est pas sans intérêt de rechercher par quelles considérations particulières, les esprits sont attirés vers le libre-échange ou vers la protection ; il croit que suivant l'idée que l'on se fait du commerce ou de l'industrie on est attiré vers l'un ou vers l'autre des systèmes.

Ceux qui sont exclusivement commerçants sont très portés vers les idées libre-échangistes.

Quel est le rôle du commerçant ? Il achète, il vend lorsqu'il trouve un bénéfice et tout est dit. Il lui importe peu que la marchandise soit française ou étrangère ; le bénéfice, tel est le point essentiel.

Mais il n'en est pas de même dans l'industrie. Si vous prenez l'industriel agriculteur, il sait bien comment il produit, mais il ne peut pas savoir comment il vendra ; il n'en sait rien !

Il faut bien reconnaître que cette situation est grave et n'a rien de commun avec celle du négociant. Vous avez une très bonne récolte, vous avez une grande abondance, vous vendez à un prix bas, qui peut être encore suffisamment rémunérateur s'il n'est pas troublé par l'arrivée des blés étrangers. Mais s'il survient une mauvaise récolte, combinée également avec une importation étrangère d'autant plus considérable. Quelle est la situation du producteur ?

L'industriel, à la rigueur, peut limiter sa production, bien que cela ne soit pas toujours facile ; on arrête ses broches, ses métiers de tissage ou ses laminoirs, on peut limiter sa production aux besoins. Mais l'agriculteur ! il ne le peut pas ! Il récolte beaucoup ou peu, et il vend suivant le cours du marché qui peut être profondement troublé par l'importation étrangère.

Ces considérations pourraient être appliquées à un grand nombre de nos industries, et il est facile de comprendre que le producteur ne se laisse pas aller aussi facilement que le commerçant aux idées libre-échangistes.

Il faut reconnaître, toutefois, que M. Fleury s'est placé au point de vue de l'industrie quand il a parlé des prix de revient, la question mère de l'industrie. L'agriculture ne sait guère ses prix de revient ; l'industrie les connaît, en général, et c'est parce qu'elle étudie sérieusement cette question des prix de revient qu'elle est plus portée vers le système protecteur ; les éléments principaux des prix de revient, aussi bien dans l'industrie agricole que dans l'industrie manufacturière, sont : les intérêts des capitaux, la main-d'œuvre, les matières premières et les frais généraux. Si nous examinons ces divers éléments de la question et si nous comparons la situation de la France à celle de l'Angleterre, de l'Allemagne, de la Belgique, etc., nous remarquerons que la France est dans un état d'infériorité très réelle à tous les points de vue.

En Angleterre, on trouve aisément de l'argent à 3 0/0 ; l'industrie trouve, à ce taux, tous les capitaux qui lui sont nécessaires.

En France, personne ne donne de l'argent à moins de 6 0/0 pour l'industrie ! Et si on fait un prospectus, on promet 20 0/0. *(Rires.)*

La main-d'œuvre est chère, en France, d'une manière absolue, relativement à la Belgique et à l'Allemagne; elle est, en apparence, moins chère qu'en Angleterre; mais il est permis de penser que, dans ce dernier pays, l'ouvrier, mieux nourri, produit plus et, finalement, la main-d'œuvre y est peut-être plus avantageuse.

En ce qui concerne les matières premières, il est incontestable que l'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique sont plus favorisées que la France; c'est là un point sur lequel il est à peine besoin d'insister, et tout le monde reconnaît cette supériorité de nos rivaux en industrie.

M. Euverte aborde la question des frais généraux, parmi lesquels se trouve l'impôt. M. Fleury a établi que l'impôt total s'élève actuellement, en France, à la somme énorme de 4 641 000 000 !

Il a presque fait gloire au pays de supporter cette énorme charge : nous la supportons, oui, mais nous la supportons péniblement !

M. Fleury évalue le nombre des travailleurs français à 17 millions; si l'on admet que les résultats directs de ce travail représentent 20 milliards, l'impôt de 4 600 000 000 représente *23 pour cent* de la valeur totale du travail; n'est-ce pas là un chiffre énorme !

Les partisans du libre-échange ne peuvent pas nous demander de ne pas tenir compte de cet impôt quand nous faisons des achats à l'étranger ! Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que J.-B. Say, l'un des initiateurs de la science économique, ne voulait pas qu'on fît entrer un produit étranger sans lui demander au moins l'impôt que paient les producteurs français; et, quand nous demandons, aujourd'hui, *un droit compensateur* moyen de 30 0/0, nous avons bien le droit de dire, en présence de l'énormité de l'impôt, que nous ne sortons pas des limites raisonnables.

M. Euverte fait remarquer à M. Fleury qu'il est allé peut-être un peu loin lorsque, dans la discussion, il a opposé les intérêts des ouvriers à ceux des patrons. Il a compté *six millions* de patrons; mais alors il comprend dans ce nombre tous ces petits artisans : serruriers, maréchaux, ferblantiers, cordonniers, etc., qui ont un ou deux ouvriers, et dont le sort n'est pas sensiblement différent pour les uns et pour les autres. Il n'est guère possible de trouver là l'antagonisme entre patrons et ouvriers.

Veut-on faire, au contraire, allusion à la grande industrie? Il ne faut pas alors compter les patrons par millions, et il ne faut pas oublier que l'antagonisme auquel on fait allusion est, en France, à l'état d'exception; tout le monde sait qu'en France la grande industrie s'est constamment préoccupée, avec le plus grand soin, du bien-être matériel et moral des ouvriers qu'elle emploie; et, si la grande industrie demande des droits compensateurs, si elle demeure très rebelle à la doctrine du libre-échange, c'est qu'elle ne veut pas laisser envahir le pays par les produits étrangers et sacrifier ainsi le travail national, au détriment des populations ouvrières qu'elle se fait un devoir de défendre contre les entraînements des doctrines fallacieuses du libre-échange.

La distinction entre patrons et ouvriers est aussi peu admissible que celle entre *producteurs et consommateurs*.

Nous sommes tous producteurs et consommateurs en même temps, et beaucoup d'entre nous ont traversé des circonstances dans lesquelles, le pain étant à bas prix, certains ouvriers se trouvaient encore très mal-

heureux, parce que, n'ayant point de travail, ils n'avaient même pas à leur disposition la modique somme nécessaire pour acheter le pain, même à très bas prix.

M. Euverte fait remarquer, d'autre part, que, revenir aujourd'hui aux idées libre-échangistes, c'est vouloir marcher absolument en sens inverse de l'opinion publique, qui, depuis vingt ans, a fait des progrès considérables sur cette question.

Il fait remarquer plus particulièrement l'attitude prise, dans cette question, par M. V. Contamin, Président de la Société des Ingénieurs civils. Personne n'a oublié que, dès le commencement de cette discussion, le Président a appelé la plus sérieuse attention de tous sur cette question des traités de commerce, qui présente une importance capitale, aussi bien pour l'industrie que pour l'agriculture. N'est-ce pas un fait nouveau et de première importance que cette question de l'agriculture ainsi posée devant les Ingénieurs civils ? N'est-ce pas le signe de sérieuses études et de grandes modifications dans les idées ?

Qui donc aurait pensé, il y a vingt ans, à mettre l'agriculture en présence de l'industrie, autrement que pour les présenter comme adversaires presque inconciliables sur le terrain économique ?

M. le Président a fait en deux mots la philosophie de la question : le mieux est de satisfaire l'agriculture sans nuire à l'industrie ; si nous résolvons cette question, nous aurons fait un grand pas vers la meilleure des solutions.

M. Euverte signale un autre fait, montrant également une modification dans l'esprit général au point de vue économique. M. Bert, qui vient soutenir ici des idées protectionnistes, est professeur d'économie politique ; on peut affirmer que c'est la première fois qu'on voit un phénomène semblable ! *(Rires.)*

Tous ceux qui ont suivi avec quelque attention la marche des idées économiques depuis cinquante ans dans notre pays, n'ont certainement pas oublié le temps où il n'était pas permis de se dire *économiste*, si l'on n'était pas *libre-échangiste; a fortiori*, personne ne pouvait avoir la prétention de devenir professeur, s'il n'appartenait pas à la petite église du libre-échange.

Il faut reconnaître que cette exagération a causé un préjudice considérable au développement des études économiques en France ; heureusement, les idées ont subi une profonde modification, et l'on commence à s'apercevoir aujourd'hui que le libre-échange n'est pas toute l'économie politique.

Si l'on considère ce qui est arrivé à la suite des *Expositions universelles*, on constatera, au point de vue économique, une modification analogue à celles que nous venons de signaler.

En 1855, 1867, 1878, la tendance était de faire ressortir les triomphes de la France, et l'on ne manquait pas d'ajouter qu'elle était prête pour le libre-échange.

La France vient de montrer au monde entier la plus grande et la mieux réussie de toutes les Expositions universelles ; jamais triomphe n'a été aussi complet.

Et cependant on ne croit plus au libre-échange, et l'on reste convaincu de la nécessité de la protection.

C'est qu'en effet les expositions, qui peuvent bien donner une idée de l'habileté, du goût, de l'art, de la perfection dans l'exécution, ne donnent aucune idée des prix de revient et de la véritable puissance industrielle.

On est donc revenu à des idées plus justes et plus saines sur ce point, et c'est là un véritable progrès.

M. Euverte fait remarquer que M. Fleury n'est point arrivé à une conclusion positive sur ce qu'il faut faire dans le moment actuel; il a préconisé la doctrine du libre-échange, mais il n'a pas demandé que cette doctrine soit appliquée à bref délai; il faut remarquer, cependant, que la question posée par la communication de M. Bert exige une conclusion; qu'il s'agit de savoir si, oui ou non, on doit renouveler les traités de commerce; que la question du tarif des douanes se trouve, *ipso facto*, à l'ordre du jour, et c'est sur ce point spécial que nous avons à formuler une conclusion.

Il croit donc qu'on ne saurait utilement prolonger la discussion sur le principe absolu posé par M. Fleury, et que le moment est venu de reprendre la question telle qu'elle a été posée par M. Bert.

M. Euverte rappelle que M. Bert a fait à la Société un exposé très complet, très utile, qui était nécessaire pour bien faire connaître à un grand nombre des membres de la Société la situation exacte de la France au point de vue des traités de commerce. C'est là un travail utile et intéressant dont la Société doit remercier M. Bert.

Tous ceux qui ont entendu l'exposé de M. Bert se rappelleront qu'il a insisté particulièrement sur ce point que : « Chacun veut être protec-» tionniste pour soi et libre-échangiste pour son voisin. »

On se rappellera également que ce passage du discours a été vivement applaudi.

C'est qu'en effet le point délicat est là; chacun voit son intérêt et ne veut pas voir l'intérêt de son voisin.

Il faut ajouter que, dans bien des cas, il y a de bonnes raisons pour qu'il en soit ainsi.

Dans la grande industrie, les directeurs, le Conseil d'administration, ont mandat de défendre leur industrie, leurs ouvriers, les capitaux qu'ils représentent; ils se défendent énergiquement sans se préoccuper du voisin ; cela est naturel.

Les Chambres de commerce, les Conseils généraux, le Parlement, obéissent également à un mandat positif; ce mandat n'a rien d'impératif, dans le sens précis de ce mot, mais il devient impératif par l'idée que chacun se fait des devoirs qu'il croit avoir à remplir.

M. Euverte constate que cette situation est extrêmement complexe et difficile, et qu'on ne peut arriver à une solution acceptable qu'à la condition de déterminer aussi exactement que possible la situation réelle de tous les intérêts en présence.

Les tableaux généraux de l'importation et de l'exportation, donnés par M. Bert, représentant des chiffres abstraits, ne suffisent point à établir les divergences d'intérêts des diverses industries.

Si l'on veut étudier sérieusement la question, il faut examiner les

états d'importation et d'exportation, tels que les a donnés M. Fleury, d'après les documents de l'administration des douanes.

On trouve alors tous les produits, importés ou exportés, divisés en trois grandes catégories :

Objets d'alimentation.

Matières premières nécessaires à l'industrie.

Produits fabriqués.

Cette division fait ressortir d'une manière très précise les grandes divisions de l'importation et de l'exportation, et montre bien quels sont les intérêts en jeu dans la question et aussi quelle est l'importance de chacun.

M. Euverte se propose de démontrer, à l'aide des chiffres extraits des documents officiels, qu'il y a lieu de décider en principe que la base essentielle de notre régime douanier sera la protection sérieusement établie, aussi bien pour l'agriculture que pour l'industrie.

Il y aura lieu certainement de ménager certaines industries d'exportation et de tenir compte de situations spéciales très intéressantes ; le résultat de l'étude montrera qu'à l'inverse du système libre-échangiste, qui prétend mettre toutes les industries sous un niveau commun de concurrence illimitée, le régime protecteur doit étudier toutes les situations et appliquer à chacun le régime qui lui convient :

La première catégorie qui se présente est celle des *Objets d'alimentation;* c'est dire que, dans ce chapitre, l'agriculture se trouve en cause.

Voici, pendant une période de vingt-cinq ans, quel a été le mouvement de ces produits à l'importation et à l'exportation :

Objets d'alimentation.

	Importations. — Millions.	Exportations. — Millions.
1865.	498,6	861,0
1875.	801,4	825,8
1880.	1 996,2	827,5
1885.	1 455,3	749,8
1889.	1 407,3	816,8

Il est impossible de n'être pas frappé par l'élévation énorme des chiffres de 1880, comparés à ceux de 1865.

L'étude détaillée des faits montre que les céréales et les vins entrent pour la plus grande part dans cette différence considérable ; ces deux éléments, sur lesquels M. Fleury s'est arrêté plus spécialement, méritent en effet une étude spéciale, basée sur des documents officiels spéciaux.

Céréales et Farines.

	Importations. — Millions.	Exportations. — Millions.	Prix du quintal de froment. — Francs.
1861.	190.0	34,1	31, »
1865.	18,4	119,1	21, »
1867.	318,9	67,4	33,25
1868.	337,6	67,3	26, »
1871.	459,6	46,8	34, »
1874.	331,1	139,1	32, »
1879.	857,4	44,0	31, »
1880.	788,5	62,6	30,50
1886.	262,4	29.9	21,61
1888.	375,4	18,9	24,25
1889.	372,8	95,3	29,50

M, Euverte fait remarquer combien sont importants les chiffres inscrits à ce tableau ; il appelle plus particulièrement l'attention sur deux points spéciaux :

En 1879, le droit d'entrée sur le froment était de *0 fr. 60* par 100 *kg*.

Importations. . . . . 857 millions.
Exportations. . . . . 44 »
Prix par 100 *kg*. . . . . 31 francs.

En 1889, le droit d'entrée est de *5 francs* par 100 *kg*.

Importations. . . . . 372,8 millions.
Exportations. . . . . 95,3 »
Prix par 100 *kg*. . . . . 24,50 francs.

Ainsi donc, prix plus élevé pour le consommateur au moment où le droit d'entrée était à 0,60 *f*, et importation considérable.

Le droit de 5 *f* par 100 *kg* n'a pas eu pour effet d'augmenter le prix, et il est bien permis de se demander ce que serait devenue l'agriculture, si le droit d'entrée n'avait pas été relevé ?

Pour les vins, la situation est également intéressante :

Vins.

	Importations. — Millions.	Exportations. — Millions.
1875.	13,8	247,4
1880.	364,0	252,8
1887.	443,7	243,7
1889.	363,0	252,8

L'importation, qui était presque nulle en 1875, s'élève à 445 millions en 1887 ? c'est le budget du phylloxera.

La situation n'est point la même ici que pour les céréales ; on ne peut assurément pas se plaindre de l'importation, puisque la France ne produisait pas.

Ce qu'il faut critiquer, toutefois, ce sont les erreurs, comme celles commises à propos du traité avec l'Espagne, dans lequel on n'a pas tenu un compte suffisant du degré d'alcoolisation des vins.

Ce qu'il faut remarquer encore, c'est l'action utile et bienfaisante du commerce, qui a su maintenir l'exportation française, dans les situations critiques imposées à la production nationale.

M. Euverte donne ensuite l'état relatif aux matières premières nécessaires à l'industrie :

Matières premières nécessaires à l'industrie.

	Importations. — Millions.	Exportations. — Millions.
1865	1 971,4	812,6
1875	2 349,6	1 096,4
1880	2 317,5	694,0
1885	2 022.8	707,4
1889	2 060,2	784,9

Il est difficile de raisonner sur cette question des matières premières si l'on n'envisage pas en même temps le mouvement des produits fabriqués :

Produits fabriqués.

	Importations. — Millions.	Exportations. — Millions.
1865	171,8	1 414,8
1875	385,9	1 930,4
1880	545,3	1 808,1
1885	610,3	1 630,9
1889	574,9	1 793,8

On remarquera que l'importation des matières premières est considérable, mais il importe de considérer en même temps que nos exportations de produits fabriqués atteignent couramment une somme de 1 800 millions et quelquefois plus.

C'est pourquoi toutes les questions relatives à l'importation des matières premières doivent être étudiées avec un soin tout particulier.

On appréciera combien ces questions sont importantes si l'on étudie deux points spéciaux, *les laines et les soies :*

Laines.

	MATIÈRES PREMIÈRES		TISSUS DE LAINE	
	Importations.	Exportations.	Importations.	Exportations.
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1865	99,8	31,2	38,1	392,6
1873	325,5	86,5	59,9	325,9
1880	370,2	132,5	68,2	370,2
1885	276,4	90,8	96,8	330,1
1889	378,1	154,0	63,6	335,9

En présence de l'énorme exportation des produits fabriqués, exportation qu'il est bien important de ne pas compromettre, on a bien des raisons d'être perplexe sur l'application des droits d'entrée à la matière première.

Mais, d'autre part, il faut bien songer à l'élevage des moutons, qui périclite en France depuis bien des années; il faut bien remarquer aussi qu'en 1865 l'importation n'atteignait pas 100 millions, et l'exportation était cependant à son chiffre le plus élevé, 392 millions.

Il faut remarquer encore que, sur une importation de laines brutes de 378 millions en 1889, on a pu réexporter, en laines brutes, pour 154 millions.

Dans ces conditions, il paraît possible de faire une part plus large aux laines brutes françaises en inscrivant un droit d'entrée sur les provenances étrangères.

L'étude sur les soies est également intéressante :

Soies.

	MATIÈRES PREMIÈRES		TISSUS DE SOIE	
	Importations.	Exportations.	Importations.	Exportations.
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1861	263,6	116,0	4,1	333,3
1865	429,3	219,8	11,2	428.5
1868	514,0	219,7	22,0	452,3
1875	405,0	211,1	37,0	376,5
1887	274,7	141,4	53,4	294,8
1889	269,7	133,4	61,0	247,8

M. Euverte fait remarquer que l'étude attentive de ce tableau fait ressortir une situation des plus délicates au point de vue du droit d'entrée qui pouvait être appliqué aux matières premières.

En effet, avant de se décider à appliquer un droit quelconque, il importe de bien examiner les faits suivants, résultant du tableau ci-dessus :

1° L'on peut constater que pendant une certaine période, concordant avec la maladie aiguë des vers à soie, les importations se sont élevées jusqu'au chiffre énorme de *514 millions*.

2° Pendant la même période, les exportations de soies brutes s'élevaient jusqu'à *220 millions par an*. C'est là un fait considérable, indiquant que les fabricants de Lyon et de Saint-Étienne, après bien des efforts, étaient parvenus à attirer en France le grand marché des soies qui, pendant de longues années, était à Londres exclusivement.

3° L'exportation des tissus de soie s'est élevée jusqu'à la somme considérable de 452 millions par an; mais, sous l'empire de la concurrence étrangère qui s'est développée en Suisse, en Allemagne, en Angleterre, en Amérique, etc., cette exportation est retombée au chiffre de 250 à 300 millions dans les années 1887-1889.

4° L'importation des tissus, qui était presque nulle en 1861, s'est élevée, en 1889, à 61 millions.

Il est bien évident, pour quiconque examinera attentivement ces diverses considérations, que cette grande et belle industrie, qui n'est point protégée à la frontière, est soumise, pour le moment, à une lutte très vive, et il est permis d'éprouver une certaine hésitation avant d'appliquer des droits sur les soies brutes à leur entrée en France.

Il faut bien remarquer, d'ailleurs, que l'agriculture française ne peut, ni au point de vue de la qualité, ni à celui de la quantité, suffire aux besoins de l'industrie française.

M. Euverte pense donc que c'est là un des cas où il faut renoncer à appliquer un droit de douane à l'entrée en France.

Il fait remarquer qu'il vient d'entrer dans des détails assez complets sur un certain nombre de faits spéciaux, choisis parmi les plus importants. Il n'est pas dans l'intention de prolonger plus loin cette étude détaillée; il a voulu donner quelques exemples spéciaux pour indiquer la méthode à suivre, dans les circonstances actuelles, et pour préciser les conditions dans lesquelles cette méthode doit être appliquée.

Il demeure bien entendu que la protection ferme de nos industries doit être la base essentielle du travail qui va être fait par les pouvoirs publics; mais il ne saurait s'agir ici de la protection aveugle et inconsciente, il faut l'étude, l'examen, l'enquête; aucune résolution ne doit être prise sans avoir été précédée d'une étude approfondie.

Il ne faut pas oublier que la protection énergique, efficace, est le seul moyen absolument pratique de faire naître et prospérer les grandes industries.

Il suffit de considérer ce qui se passe aujourd'hui en Amérique, en Russie, en Allemagne, pour arriver à la conviction que c'est là une vérité élémentaire.

On nous dira que l'Angleterre est libre-échangiste, cela est vrai, mais il ne faut pas oublier que cette nation a été pendant des siècles couverte par un régime sérieusement protecteur.

Qui donc a oublié cet *acte de navigation*, resté célèbre dans l'histoire

des relations extérieures? L'Angleterre a proclamé le libre-échange et la liberté des mers lorsqu'elle a été bien sûre que sa puissance industrielle et navale était sans rivaux dans le monde entier.

Si elle avait été aveuglément suivie dans cette audacieuse et astucieuse entreprise, elle serait devenue la maîtresse du monde au point de vue commercial, et c'est ce qu'il ne faut pas.

On nous dit, et M. Fleury nous l'a répété lui-même : « Vous voulez » la protection pour vendre cher. »

M. Euverte pense qu'il est facile de répondre à cette objection lorsqu'on est au milieu des Ingénieurs civils.

N'est-il pas de notoriété pour eux que certains produits de la construction mécanique ont été vendus à des prix incroyablement bas? A 25 *f* les 100 *kg* des ponts en fer, à 30 *f* les 100 *kg* des charpentes en fer très ouvragées!

Et l'industrie métallurgique? Cette grande industrie que le régime protecteur a créée de toutes pièces? Ne livrait-elle pas, il y a quelques mois à peine, ses produits à des prix défiant toute concurrence étrangère?

« Mais alors, disent nos adversaires, si vous pouvez produire à des » conditions aussi économiques, pourquoi demandez-vous la protection? »

M. Euverte répond à cette objection par un apologue : Lorsqu'au milieu de l'été, par un jour de grand soleil, on se promène sur les bords de la Seine, à Paris, ou à Lyon, sur les bords de la Saône et du Rhône, on est tout d'abord étonné de ce luxe de défenses contre les eaux et l'on serait assez disposé à se demander : Pourquoi tant de sacrifices? Vienne l'inondation et tous les sacrifices sont justifiés, et l'on se dit : L'argent a été bien dépensé. *(Rires.)*

Eh bien! le droit de douane est analogue à cette digue; il faut la conserver et l'entretenir avec soin, c'est le plus sûr moyen d'éviter l'inondation.

M. Euverte fait remarquer que, si nous venons de voir la puissance que peut acquérir une industrie défendue par le système protecteur, il n'est pas sans intérêt de rechercher quel a été le sort d'une industrie à peu près abandonnée à elle-même.

Il signale l'industrie des *constructions navales*, l'une des gloires de l'Angleterre, dont le développement est à peine commencé en France, parce que c'est seulement depuis une dizaine d'années que l'on a reconnu la nécessité de protéger la marine marchande et les constructions navales.

Personne ne conteste le savoir et l'expérience de nos ingénieurs, qui jouissent d'une haute considération dans le monde entier.

Lorsqu'il s'agit de navires de guerre, dont la construction demande des soins tout spéciaux, la France est supérieure à toutes les nations; elle a triomphé dans de nombreuses adjudications.

Mais, s'il s'agit de navires de commerce, nous sommes encore écrasés par l'Angleterre, qui pratique depuis cinquante ans cette industrie, que nous avons eu le tort de ne pas protéger en France, aussitôt qu'il l'aurait fallu.

La protection, qui a été principalement appliquée à l'industrie dans

le passé, doit être, aujourd'hui, sérieusement appliquée à l'agriculture.

On se trouve, à l'égard de cette industrie primordiale, dans une série de contradictions dont il importe de faire justice.

D'une part, M. Fleury nous disait, à la dernière séance : « L'agricul- » ture est impuissante à satisfaire aux besoins du pays ; il faut bien » acheter au dehors. »

D'un autre côté, on ajoute : « Vous allez faire hausser tous les prix, » c'est la seule conséquence possible de la protection agricole. »

Ce sont là des appréciations erronées qu'il faut faire disparaître.

Si l'agriculture est impuissante sur certains points, c'est précisément parce qu'on ne l'a pas laissée se développer et qu'on l'a abandonnée à la concurrence étrangère.

Que l'on protège sérieusement l'agriculture ; il arrivera pour celle-ci ce qu'il est arrivé pour l'industrie : elle se développera, la concurrence intérieure se fera sentir et les prix baisseront.

M. Cornuault le disait à la dernière séance : « Pour qu'une industrie » se développe, il faut qu'elle gagne de l'argent. »

Eh bien ! que l'on fasse gagner de l'argent à l'agriculture, on verra bientôt les prix s'abaisser sous l'action de la concurrence intérieure.

Mais alors l'agriculture pourra vendre à plus bas prix, sans pour cela se ruiner, parce que la production sera plus considérable.

M. Euverte répète que le régime protecteur, appliqué avec soin et discernement, n'entraine pas, pour le consommateur, une élévation de prix. *(Approbation.)*

M. Euverte ne pense pas qu'il y ait lieu de prolonger indéfiniment cette discussion ; il croit avoir donné suffisamment d'exemples pour montrer l'ordre d'idées dans lequel on doit être protégé : apporter dans l'examen de ces questions une investigation sérieuse, les étudier à fond, faire de la science et non de l'empirisme. Et quand on tient ce langage à la Société des Ingénieurs civils, il croit qu'on est compris, parce que l'on parle à des hommes d'étude, calculant, approfondissant les questions et ne donnant rien au hasard.

Parmi les grands intérêts engagés dans la question économique, intérêts que nous nous proposons de concilier dans la limite du possible, il en est un sur lequel M, Euverte désire appeler l'attention : c'est l'intérêt de l'*exportateur*.

Il a été démontré, aussi bien par les tableaux que M. Euverte a mis sous les yeux de la réunion que par les chiffres détaillés, énoncés par M. Euverte, que notre exportation de produits fabriqués s'élève à un chiffre qui varie *de 1 800 à 1 900 millions !*

C'est là un chiffre énorme qu'il ne faudrait pas laisser s'amoindrir, qu'il faudrait même chercher à développer.

Que faut-il faire pour assurer ce résultat, tout en restant très fermes sur le principe de la protection réelle et sérieuse de nos diverses industries ?

Il faut, tout d'abord, ainsi que cela a été établi plus haut, faire le nécessaire pour que cette protection, accordée à notre industrie, ne sorte pas des limites nécessaires ; il faut se garder de toute exagération.

Il faut encore montrer, proclamer notre désir d'échanger avec les autres nations.

Il faut imiter ce qui se passe en général dans nos grandes industries, où, à côté des services industriels qui doivent être rigides, absolument réguliers et minutieux dans leur action de tous les jours, on place un service commercial dont les procédés sont absolument différents.

Les agents de ce dernier service ont pour mission d'être aimables, d'aller au-devant des désirs de l'acheteur, de renseigner l'industrie sur les besoins, les goûts, les habitudes de la clientèle ; c'est cela qu'il faut imiter.

Il faut, en un mot, faire tout ce qui est nécessaire pour développer les relations ; et si nous passons d'une industrie particulière à l'industrie générale du pays, nous arrivons à la question des *traités de commerce*.

M. Euverte rappelle que, depuis un certain nombre d'années, il s'est produit un mouvement d'opinion très accentué contre les traités de commerce.

Cela tient à bien des causes, dont la principale est que, dans bien des cas, il n'a été tenu aucun compte des volontés du pays et du Parlement dans l'établissement de ces conventions.

Des intérêts qui avaient été sauvegardés avec soin par le vote des Chambres ont été compromis par les négociateurs des traités ; il est résulté de cette situation un désir à peu près général de voir la fin de ces traités et de ne pas les renouveler.

Sur ce point, tout le monde est à peu près d'accord.

Mais, est-ce à dire que la France va se refuser à toute espèce de convention avec les nations étrangères? Allons-nous rester dans l'isolement absolu au point de vue économique ?

Cela ne peut pas être, et une telle attitude n'est venue à l'esprit de personne.

En effet, à peine avait-on décidé la dénonciation des traités de commerce, que l'on se demandait quel serait le *modus vivendi* avec les nations étrangères.

C'est alors que l'on imagina la combinaison des deux tarifs : un tarif maximum, représentant notre tarif général actuel ; un tarif minimum, destiné à remplacer le tarif conventionnel.

Par ce moyen, on ne pourrait, en aucun cas, sortir de ce qui a été édicté par le Parlement au point de vue des droits de douane; les négociateurs pourraient se mouvoir entre les chiffres inscrits aux deux tarifs; ils pourraient accorder les faveurs du tarif minimum aux nations qui nous offriraient de réels avantages en échange; mais la volonté du pays, exprimée par les Chambres, serait respectée.

En adoptant ce système, la France proclamera qu'elle ne veut pas l'isolement, qu'elle ne refuse pas de contracter avec les autres nations; mais elle indiquera clairement, nettement, les limites dont elle ne veut pas sortir.

M. Euverte pense que ce système présenterait certains avantages ; il croit que c'est la conclusion à laquelle devrait s'arrêter la Société des Ingénieurs civils.

M. Euverte, avant de terminer cet exposé déjà trop long, insiste pour

qu'il soit bien entendu que l'agriculture et l'industrie seront également protégées.

L'antagonisme qui a existé pendant longtemps, au point de vue douanier, entre l'industrie et l'agriculture, a été une grande erreur, dans laquelle il ne faut pas retomber.

Il a été dit plus haut que l'agriculture grandira par le système sérieusement protecteur, il faut ajouter que l'industrie en profitera très largement.

Le jour où l'agriculture étant prospère, comme elle devrait l'être, deviendrait consommateur des produits de l'industrie, il ne faut pas oublier que nous trouverions autour de nous, sur notre propre sol, quinze millions de consommateurs aisés, qui sont aujourd'hui des consommateurs besogneux.

Depuis plusieurs années, tout le monde se plaint de *la crise* qui pèse sur l'ensemble de l'industrie française; cet état maladif du pays est généralement attribué à l'envahissement du pays par les produits étrangers.

Il est possible que, surtout au point de vue agricole, l'absence de protection soit une des causes de la souffrance constatée.

Mais M. Euverte pense qu'il faut encore chercher ailleurs la cause du mal dont tout le monde se plaint; il estime que le mal actuel, mal profond incontestablement, tient surtout *au manque de débouchés pour l'industrie.*

Il n'est pas sans intérêt de s'expliquer sur ce sujet, absolument corrélatif, d'ailleurs, de la question qui nous occupe aujourd'hui.

Quiconque a suivi la marche de l'industrie française depuis 1840 jusqu'à ce jour a pu constater que de 1840 à 1880-83, la marche a été constamment progressive; chaque année constatait un pas en avant et la production était toujours plus considérable que celle de l'année précédente.

Il est d'ailleurs facile de s'expliquer cette constante progression; c'est entre 1840 et 1880 que l'on a créé pour plus de 12 milliards de chemins de fer, que l'on a renouvelé et développé tout l'outillage industriel de la France; que l'on a même contribué à la création et au renouvellement des chemins de fer et de l'outillage de certaines contrées, telles que l'Italie, l'Espagne, la Russie, la Suisse, etc.

Il ne faut donc pas s'étonner que, pendant cette période de cinquante années, le développement ait été constant.

Mais, aujourd'hui, cette œuvre est en grande partie complète, il ne reste plus guère qu'à suffire à l'entretien, et l'outillage industriel devient exubérant.

Dans cette situation, la sagesse aurait consisté à carguer les voiles, à réduire la production; on a eu le tort de ne pas le faire.

De là cette lutte insensée se traduisant par une surproduction qui amène l'abaissement immodéré des prix; de là *une crise* qui finit par atteindre tout le monde.

Donc, il faut le répéter, *manque de débouchés;* c'est précisément par cette raison que le développement de l'agriculture serait le salut, et que c'est l'objectif vers lequel il faut diriger les esprits.

Si, faisant un beau rêve, nous supposons la France arrivée à la réali-

sation du progrès que nous considérons comme possible, si l'hectare produisait 25 *hl* de blé, comme cela a lieu en Angleterre, au lieu d'en produire 15 en moyenne; si, au lieu d'importer des laines et des bestiaux, nous pouvions devenir exportateurs; si, en un mot, notre sol donnait tout ce qu'il peut donner; quelle somme ajoutée aux revenus du pays! Quel développement de consommation pour tous les produits industriels!

C'est là un rêve, dira-t-on? Mais ce rêve est-il donc irréalisable?

Soyons tous bien convaincus qu'en organisant aujourd'hui sérieusement le régime protecteur, nous dirigeons sûrement le pays vers la réalisation de l'idéal qui vient d'être esquissé.

Si, en attendant, on croit devoir trouver des moyens de combattre l'enchérissement résultant de l'application des droits de douanes qu'on organise *des Sociétés coopératives de consommation;* on y trouvera tout à la fois une grande source d'économie pour les consommateurs, et un précieux moyen d'éducation pour le plus grand nombre de nos concitoyens.

D'autre part, les syndicats agricoles constituent un grand élément de progrès, destiné à avoir une sérieuse influence sur la réalisation du rêve dont il vient d'être question.

Cette question des associations dans un but d'économie n'est point étrangère au sujet que nous traitons aujourd'hui.

Il s'agit, en somme, de supprimer les intermédiaires, et l'on peut affirmer que les intermédiaires sont infiniment plus onéreux pour le pays que le système protecteur, quelque rigoureux qu'il soit.

En résumé, M. Euverte pense que l'on doit attendre d'importants résultats du régime protecteur bien organisé.

Il considère comme indispensable de tenir compte de tous les intérêts en présence, et que tout en protégeant résolument l'agriculture et l'industrie, il ne faut pas sacrifier l'intérêt des exportateurs.

Si donc on dénonce tous les traités de commerce, le système du double tarif doit être étudié très sérieusement pour bien démontrer que la France ne désire pas rester dans l'isolement économique.

Pour réaliser ce programme, il faut une étude sérieuse, il faut mettre la science à la place de l'empirisme; telle paraît devoir être la véritable conclusion de la Société des Ingénieurs civils. *(Vifs applaudissements.)*

Enfin, M. Euverte demande à ajouter un mot sur une question particulière qu'il comptait traiter dans sa discussion.

Nous sommes tous d'accord sur la nécessité de ne résoudre toutes ces importantes questions économiques qu'après étude approfondie.

Mais pour se livrer à ces investigations, il faut avoir des connaissances spéciales, et il faut bien dire que ce genre d'instruction est peu répandu dans le pays.

M. Euverte rappelle, à ce propos, une conférence faite ici par M. Couriot sur l'organisation de l'enseignement commercial et professionnel; il est convaincu que l'un des moyens les plus efficaces pour donner au pays les connaissances qui lui manquent sur ces sujets importants serait une bonne organisation de l'enseignement dont il vient d'être question.

On ne saurait méconnaître que nous vivons dans un temps où les

questions économiques prennent chaque jour plus d'importance ; et l'on est bien obligé de constater, d'autre part, que cet enseignement spécial fait à peu près défaut dans le pays.

Les faits économiques les plus importants de la France et des autres nations sont réunis dans de gros volumes que très peu de personnes connaissent, encore moins savent les comprendre et les interpréter.

Il serait donc bien utile de reprendre un jour la question posée par M. Couriot, Il y aurait le plus grand intérêt pour le pays à organiser sérieusement l'enseignement commercial et professionnel. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que les applaudissements qui viennent d'accueillir le magnifique exposé de M. Euverte prouvent l'intérêt avec lequel on l'a entendu développer ses arguments, qui peuvent se résumer ainsi : protéger notre industrie en tenant compte de l'excédent de main-d'œuvre que nous payons et des charges fiscales plus grandes que nous avons à supporter, puis s'attacher au développement de notre prospérité agricole, si intimement liée à celle de notre industrie, dont elle constitue le client le plus important. Éviter enfin des droits exagérés qui, en enlevant au progrès son meilleur stimulant, « le besoin d'améliorer pour vivre », nous exposeraient à nous laisser devancer par nos voisins. M. le Président remercie M. Euverte, au nom de la Société, de son exposé si intéressant et qui résume si bien les impressions et les enseignements qu'il a puisés dans une longue vie de travail et d'études. *(Approbation.)*

M. E. SIMON demande à présenter une courte observation au sujet de la comparaison que M. Euverte a faite entre les importations et les exportations de lainages. Ainsi que l'a dit notre collègue, il a effleuré cette question uniquement pour montrer l'utilité de la protection, en ce qui concerne les lainages comme les autres produits. Mais il n'est peut-être pas inutile de remarquer que la comparaison des importations avec les exportations ne donne pas, dans ce cas, l'état exact du marché ; les chiffres s'appliquent à deux spécialités distinctes : ce sont des lainages *peignés* qui fournissent la majeure partie des exportations, et des lainages *cardés* qui sont surtout importés ; de sorte que l'industrie du *cardé* souffre beaucoup, tandis que l'industrie du *peigné* est relativement prospère.

Cette observation vient à l'appui de ce que disait M. Euverte : Il est indispensable d'étudier ces questions de très près, parce qu'il y a des intérêts très divers en présence.

M. Simon, malgré l'heure avancée, demande la permission de citer quatre chiffres qui justifient l'établissement de droits protecteurs ou compensateurs. La situation budgétaire de la France est telle que l'impôt, par tête, s'élève dans notre pays à 115 francs, tandis qu'il est, en Amérique, de 35 francs ; en Allemagne, de 50 francs ; en Angleterre, de 70 francs.

M. P. GASSAUD dit qu'il ne se rangera pas complètement à l'avis de M. Euverte, car, si l'on fait deux tarifs, il y aura des conventions avec certains peuples et il est à craindre qu'on ne retombe dans les inconvénients des traités de commerce, à savoir que le législateur français n'aliène

sa liberté de relever ses tarifs, alors même que les besoins du pays l'exigeraient.

M. Gassaud reconnaît, toutefois, que dans le système proposé par M. Euverte, les inconvénients des traités de commerce se trouvent atténués par ce fait que le tarif minimum ou, en d'autres termes, le maximum des concessions que les négociateurs peuvent consentir, est fixé d'avance par le législateur français, et qu'il serait, du reste, possible qu'il se réservât la liberté de reviser son tarif minimum quand il le jugerait nécessaire.

Mais le double tarif proposé par M. Euverte a encore un autre inconvénient, d'après M. Gassaud : si l'on continue, comme on l'a fait jusqu'ici, de comparer la France à une maison de commerce ou d'industrie, peu importe dans ce cas, on peut regarder comme des clients les pays avec lesquels elle se trouve en relations et avec lesquels on sera appelé à traiter. Il est d'usage de faire aux clients des concessions plus ou moins grandes, suivant l'importance des affaires traitées ; or, ici l'on va appliquer soit le tarif maximum, soit le tarif minimum, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas de graduation.

D'ailleurs, le tarif maximum que l'on élaborera n'a que peu d'importance, car il ne sera pour ainsi dire jamais appliqué. Nous avons aujourd'hui des traités de commerce avec presque tous les pays *commerçables*, et ils contiennent tous la clause de la nation la plus favorisée; on peut par analogie en conclure que le tarif minimum sera toujours seul appliqué. Il est bon de ne se faire, à ce sujet, aucune illusion.

D'autre part, si l'on fait un double tarif, on devra toujours réserver au pouvoir exécutif le droit de *relever* par décret le *tarif maximum* vis-à-vis de telle ou telle nation, si le besoin s'en faisait sentir, de même que le gouvernement a été autorisé à relever vis-à-vis de l'Italie notre tarif général actuel par des taxes différentielles.

Pour toutes ces raisons M. Gassaud pense qu'on doit s'en tenir à élaborer un tarif minimum qui, compensant par un droit de douane l'excédent d'impôts que supporte le producteur français, établisse cet *égal échange* qu'il réclamait en répondant à M. Fleury dans la dernière séance.

La faculté réservée au pouvoir exécutif de relever par décret le tarif minimum suffirait au cas où l'on se trouverait en face de nations voulant frapper les produits français de droits de douane excessifs.

M. Gassaud demande à faire toutes réserves au sujet de ce qui a été dit relativement aux soies, aux laines, au blé et au vin. Si pour des motifs d'intérêt général on croit, précisément, en face de mauvaises récoltes, devoir renoncer aux taxes compensatrices sur les produits agricoles étrangers, on sera obligé d'avoir recours à des primes directes à l'agriculture pour compenser le préjudice qui lui serait causé dans les années mêmes, où elle peut le moins le supporter. Ce n'est, en effet, que lorsqu'on est assuré de réaliser des bénéfices que la production se trouve stimulée, ainsi que l'a dit M. Cornuault, et l'observation est aussi juste en ce qui concerne l'industrie agricole qu'en ce qui touche l'industrie minière ou manufacturière.

Au sujet du droit de douane sur les blés étrangers, M. Gassaud croit

devoir ouvrir une parenthèse pour répondre à ce qu'a dit M. Fleury dans la précédente séance, que les droits actuels sont plus que suffisants pour le département du Nord, mais beaucoup trop faibles pour celui de la Creuse ; cela ne lui paraît pas exact. Il est certain que l'on n'arrivera probablement jamais à obtenir une fertilité égale sur tous les points de la France, mais cela a peu d'importance dans la question, car le loyer de la terre est fonction de la fertilité du sol, et, par suite, la protection se trouve proportionnée aux capitaux qui y ont été engagés.

On pourrait répéter pour les vins, les soies, etc..., ce qui vient d'être dit plus spécialement pour les blés, mais, sans s'y arrêter, M. Gassaud remarque que si M. Euverte en revient presque aux idées qui ont amené aux traités de commerce, c'est peut-être parce que, comme industriel, il attache au marché de l'exportation une trop grande importance.

A l'appui de cette opinion, M. Gassaud demande la permission de citer les paroles mêmes que prononçait, en ouvrant la session 1890, M. le Président de la Société des Agriculteurs de France :

« Songeons que nous avons à l'intérieur, ou dans nos colonies, un » marché de *vingt-cinq milliards* qu'il est possible de rendre profitable, » à la fois, aux producteurs et aux consommateurs, et qu'il serait bien » malhabile de livrer à nos redoutables concurrents ; gardons-nous » comme d'une folie de sacrifier ces *vingt-cinq milliards* à une exporta- » tion qui atteint à peine et, probablement, ne dépassera jamais *trois* » *milliards.* »

Ce sont ces chiffres qu'il ne faut pas perdre de vue dans la question qui s'agite, et que M. Gassaud a tenu à signaler à la Société.

M. Gassaud ajoute qu'il avait manifesté, à la dernière séance, l'espoir que l'un de nos collègues traiterait d'une façon toute spéciale la question des tarifs de pénétration, qui est intimement liée à celle des traités de commerce ; personne n'ayant demandé la parole à ce sujet, il croit nécessaire d'en dire quelques mots.

Que servirait, en effet, que le Parlement fixe notre tarif minimum de douanes, si, par des tarifs de pénétration qui sont de véritables primes aux produits étrangers, certaines compagnies de transport peuvent complètement modifier les droits de douanes, les annuler et même, dans certains cas, créer des primes effectives à l'importation.

Aussi, M. Gassaud demande-t-il qu'en aucun cas un produit étranger ne puisse payer sur les rails français un prix inférieur à celui acquitté par le produit similaire indigène. C'est ce que demandent de nombreuses Sociétés d'agriculture, des Chambres de commerce et plusieurs Conseils généraux.

A ce sujet, M. Lecouteux, l'éminent économiste, a reproduit, dans le numéro du 10 avril du *Journal d'Agriculture pratique*, l'extrait suivant de la lettre adressée aux membres du Parlement par l'Union des Associations agricoles du Sud-Est :

« On sait que de Cette ou Port-Saint-Louis-du-Rhône, tout vin étran- » ger, italien, espagnol, autrichien, est transporté à Paris avec une

» prime de faveur par rapport au vin français expédié au même point,
» prime qu'on peut évaluer à environ 0,90 *f* à 1 *f* par hectolitre.

» Le vin de Hongrie, expédié sur Paris de Passau (quai du Danube),
» n'acquitte qu'un prix total de 44 *f* la tonne, alors que, pour la même
» distance, le vin du Roussillon ou de l'extrême Var acquitte 50 *f* à 54 *f*
» la tonne. Cela revient à dire que le misérable droit de 2 *f* par hecto-
» litre, réservé par les traités, se trouve réduit à 1 *f*.

» Conclusion : les représentants de la nation trouvent un droit de
» 4,50 *f* (chiffre du tarif général) nécessaire à la protection de la viti-
» culture nationale ; au même moment, les négociateurs du traité et
» les Compagnies de chemins de fer s'entendent pour annihiler cette
» décision et réduire ce droit de 80 0/0.

» Il en est de même pour les légumes et fruits frais. — Le tarif soi-
» disant de guerre avec l'Italie fixe à 50 *f* l'entrée de la tonne de lé-
» gumes frais italiens, à 10 *f* celle de la tonne de fruits frais, à 75 *f*
» celle des raisins frais. Immédiatement, un tarif de transport interna-
» tional survient, qui permet à tous les légumes frais et fruits frais, en
» provenance de Milan (930 *km*) et de Turin (786 *km*) d'arriver à Paris
» pour le prix uniforme de 140 *f* la tonne, alors que les arrivages de
» fruits français, pour une distance moindre, de la région Barbentane,
» Avignon sur Paris, acquittent plus de 200 *f*, et ceux de légumes frais
» plus de 155 *f*. C'est ainsi que ce droit de 75 *f* par tonne, protecteur
» de nos raisins frais, qui semble exorbitant, se trouve réduit à 15 *f* ;
» quant aux autres fruits italiens, ils restent, tout compte fait de la
» douane et de la pénétration, *primés de 50 f la tonne* par rapport à
» leurs similaires français. »

M. Gassaud rappelle qu'à leur dernière session, les Conseils généraux de l'Hérault et du Gard viennent de renouveler leurs vœux en faveur d'une revision des tarifs de pénétration dans le sens indiqué par lui-même.

On ne saurait, d'après lui, étudier d'une façon complète la question des traités de commerce et tarifs de douane sans envisager en même temps celle des tarifs de pénétration.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gassaud des considérations qu'il vient de développer, mais il fait remarquer que la question des tarifs de pénétration n'est pas à l'ordre du jour.

M. G. CERBELAUD, sans aborder le fond de la question, demande à répondre quelques mots. M. Gassaud a produit des chiffres qui sont évidemment puisés à bonne source et contrôlés avec soin, mais il faut se mettre en garde contre un procédé de discussion très employé aujourd'hui et qui consiste à comparer le prix total d'un tarif français avec la part revenant au chemin de fer français dans un tarif international appliqué au produit similaire. On en déduit que la Compagnie française avantage le produit étranger, ce qui est inexact, car si l'on compare le coût total du transport qui, dans les deux cas, grève la marchandise, on reconnait que l'avantage reste au produit français.

M. LE PRÉSIDENT dit que, pour le moment, il faut se borner à la dis-

cussion des traités de commerce. M. Gassaud a émis l'opinion de n'avoir qu'un tarif minimum, au-dessous duquel on ne puisse descendre, et qu'on pourrait majorer dans certains cas déterminés dans nos rapports avec tel ou tel pays; cette opinion a-t-elle d'autres adhérents?

M. Ch. Herscher ne croit pas utile de chercher à démontrer de nouveau l'intérêt qu'il y a à préserver l'industrie française. Cependant, il croit devoir indiquer comme une preuve de cette nécessité, certains chiffres qui, ce jour même, ont été apportés ici dans une réunion de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de France, dont il a l'honneur d'être le Président.

Cette Chambre syndicale, qui représente un groupe occupant cinquante mille ouvriers, étudie justement, depuis quelque temps, sur l'invitation des pouvoirs publics, la question que notre Société est en train de discuter.

Or, voici un renseignement communiqué à la réunion dont il vient d'être parlé. et extrait de documents présentés à la Chambre de commerce de Paris par M. Delaunay-Belleville :

« Pendant les dix premières années qui ont suivi la conclusion des » traités de 1860, l'importation des machines à vapeur s'était maintenue » aux environs de son chiffre antérieur sans écarts notables ; mais, après » les événements de 1870-71, ces importations prennent une allure rapi- » dement croissante et passent brusquement de 1 000 000 en 1871 à » 1 500 000 en 1872, 2 000 000 en 1873, plus de 5 000 000 en 1874, pour » se maintenir à ce chiffre jusqu'en 1880; cette importation atteint alors » 7 000 000, puis 14 000 000 en 1881, 25 000 000 en 1882, et 32 000 000 en » 1883.

» L'importation des machines à vapeur était à ce moment devenue » 32 fois plus considérable qu'en 1871 et dans les années antérieures ; » elle était pour cette même année 20 fois plus forte que l'exportation des » mêmes articles.

» Je n'ai pas besoin d'insister sur la situation anormale et profondé- » ment fâcheuse que constatent ces chiffres, malheureusement trop élo- » quents.

» Depuis, grâce aux efforts énergiques des constructeurs français, l'im- » portation étrangère, portée au maximum en 1883, a diminué progres- » sivement; mais elle était encore l'an dernier d'un tiers plus élevée que » nos exportations. »

Après une étude approfondie, la Chambre des Mécaniciens, a émis l'avis :

» 1° Qu'il faut renoncer à tous les traités de commerce; — 2° qu'il » soit établi un tarif général susceptible d'être augmenté ou diminué » par article, suivant les cas, les diminutions ayant pour limite un tarif » minimum qu'il faudra établir et au-dessous duquel on ne pourra ja- » mais descendre, quels que puissent être les avantages offerts. Le tarif » minimum ne pourra être modifié que par une loi ; — 3° que l'industrie » mécanique ayant besoin d'être protégée, au point de vue de l'expor- » tation, il soit établi, à défaut de primes à l'exportation, un régime

» stable et pratique pour les admissions temporaires ou les drawbacks; » — 4° que l'Algérie et les colonies soient assimilées à la Métropole; — » 5° qu'un règlement des tarifs de pénétration et de transit soit établi » de manière à ce que nos nationaux puissent jouir des mêmes avan- » tages que les étrangers. »

Quant à la question spéciale de savoir quel tarif de base il faudrait appliquer dans les négociations dernières, M. Herscher dit que beaucoup de ses collègues pensent, contrairement à l'opinion émise par M. Gassaud, qu'il faut éviter de partir d'un tarif minimum unique qu'on élèverait suivant les cas. Ce serait alors une sorte de représaille, et il semble difficile de l'admettre. La forme, en effet, a une certaine importance et on peut arriver aux mêmes résultats en évitant des froissements toujours fâcheux. A tous égards, le mieux lui parait de considérer le tarif minimum comme une limite au-dessous de laquelle nos négociateurs ne pourraient descendre. Le tarif général serait toujours prêt à être appliqué aux nations avec lesquelles aucun accord n'interviendrait; et entre les deux tarifs, article par article, on pourrait accorder des concessions diverses, suivant les cas, et d'importance variable, en proportion des avantages qui seraient offerts à la France.

On disposerait ainsi d'un procédé infiniment souple qui permettrait de faire pour le mieux, suivant les circonstances, sans jamais risquer de compromettre les intérêts primordiaux de notre production nationale.

M. Ed. Roy cite ce fait qu'ayant eu à acheter des instruments agricoles à un Syndicat à Paris, il n'avait trouvé en magasin que des machines de fabrication anglaise.

M. E. Polonceau, répondant à une question de M. Béliard, dit qu'en effet les Compagnies françaises de chemins de fer ont dû, à un moment donné, commander des locomotives à l'étranger; mais c'est qu'alors il y avait nécessité de se pourvoir rapidement du nombre de machines indispensable pour assurer la mobilisation. D'ailleurs, on ne s'est adressé à l'étranger que quand les fabriques françaises, surchargées de commandes, ont déclaré ne pouvoir livrer dans les délais très courts imposés. Il y avait là une question de sécurité nationale qui forçait de passer par-dessus toutes les autres considérations. *(Applaudissements.)*

Un Membre fait observer que, si un industriel a avantage à acheter une machine à l'étranger, il ne faut pas lui en faire un crime; dans ce cas, ce n'est pas la faute de l'acheteur, c'est la faute du tarif de douane.

M. le Président remet, vu l'heure avancée, la suite de la discussion à la prochaine séance.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 16 mai 1890

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'être obligé d'annoncer à la Société que quatre de ses membres viennent d'être de nouveau enlevés à l'affection de leurs familles, à l'estime et à la considération de leurs collègues :

M. L. de Loriol, qui appartenait à notre Société depuis 1872;

M. Ch. Viron, l'un de nos collègues les plus anciens et les plus estimés; il datait de la fondation;

M. M.-E. Ameuille;

Et M. G.-A. Berthon, jeune collègue, sorti de l'École centrale depuis un an à peine et attaché aux établissements Cail, vient, lui aussi, de disparaître après une courte maladie, laissant sa famille et ses amis sous l'impression d'un sentiment de profonde tristesse. Puisse l'expression de notre affectueuse sympathie adoucir le chagrin de leurs parents et amis!

M. le Président annonce la nomination de notre collègue, M. Gasne, au grade d'officier d'académie et est heureux de lui adresser les félicitations de la Société pour la distinction qu'il vient d'obtenir.

M. Bertrand de Fontviolant a la parole pour présenter une analyse de son *Mémoire sur la Statique graphique des arcs élastiques*, qui sera inséré, *in extenso*, au Bulletin.

La Statique graphique a pris, dans ces dernières années, un développement considérable auquel M. Maurice Lévy, membre de l'Institut, a puissamment contribué par ses beaux ouvrages sur cette matière, et par son enseignement à l'École centrale et au Collège de France.

L'une des parties les plus importantes de la Statique graphique est, sans contredit, celle qui a pour objet la détermination des conditions de résistance des poutres en arc assujetties à des liaisons surabondantes (1). C'est là principalement que se manifeste la supériorité des méthodes graphiques sur les méthodes analytiques, au point de vue de la rapidité dans les applications.

M. Maurice Lévy a donné, dans son grand Traité de Statique graphique, une théorie des arcs de cette espèce, fondée sur des théorèmes d'une remarquable simplicité, qui peuvent, à volonté, être développés analytiquement ou graphiquement.

(1) On dit qu'une poutre est assujettie à des conditions surabondantes, lorsque les réactions de ses appuis ne peuvent être déterminées par les règles de la statique pure, c'est-à-dire sans l'intervention de la théorie de l'élasticité.

Ces théorèmes reposent sur une hypothèse qui consiste à négliger les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, devant celles généralement beaucoup plus importantes dues au moment fléchissant.

L'approximation qui résulte de cette hypothèse est d'ordinaire suffisante en pratique. Cependant il est des cas, notamment lorsqu'il s'agit d'arcs surbaissés, où les déformations dues à la tension longitudinale ont une importance telle qu'il est nécessaire d'en tenir compte dans les calculs et dans les épures. Il y a donc intérêt, au double point de vue de la théorie et des applications, à rechercher si l'on ne pourrait, par des modifications simples, introduire, dans les théorèmes dont il s'agit, les quantités actuellement négligées, tout en conservant à ces théorèmes leur forme d'ensemble qui se prête si bien aux développements graphiques.

Dans son Mémoire, M. Bertrand de Fontviolant établit deux règles qui constituent la solution générale et complète de cette question : la première est relative à l'introduction de la tension longitudinale seule ; la seconde, à l'introduction simultanée de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

Première règle. — Soient E le coefficient d'élasticité constant ou variable de la matière dont est formé l'arc considéré, D le centre de gravité d'une section arbitrairement choisie, I le moment d'inertie et r le rayon de giration de cette section autour d'un axe mené par D perpendiculairement au plan de la fibre moyenne, M le moment fléchissant en cette même section.

Posons

$$I' = 2I;$$

puis convenons d'appeler :

1° *Points conjugués* relatifs à la section considérée, les deux points H″ et H‴ obtenus en portant sur la normale en D à la fibre moyenne, au-dessus et au-dessous de D, deux longueurs $DH'' = DH''' = r$;

2° *Moments conjugués* relatifs à la section D, les sommes des moments par rapport aux points H″ et H‴, des forces extérieures appliquées à droite (ou à gauche) de cette section, sommes que nous représenterons par $\mathfrak{M}'$;

3° *Lignes conjuguées*, les deux lieux formés par les points conjugués relatifs aux différentes sections de l'arc. Ces lignes et la fibre moyenne se correspondent point par point ; nous désignerons par $d\sigma'$ l'élément de courbe qui, sur l'une ou l'autre ligne conjuguée, correspond à un élément ds de la fibre moyenne.

Les propositions fondamentales sur lesquelles M. Maurice Lévy fait reposer la théorie des arcs, portent, comme on le sait, sur certaines propriétés dont jouissent des forces fictives parallèles, d'intensité $\frac{M\,ds}{EI}$, appliquées aux divers éléments ds de la fibre moyenne de ces arcs.

En remplaçant le moment fléchissant et la tension longitudinale en fonction des moments conjugués, soit dans les expressions classiques des déformations élastiques, soit dans celles qu'il a données dans un précédent travail (1), M. Bertrand de Fontviolant obtient, dans son Mémoire, de nouvelles formules générales d'où il déduit la règle suivante :

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale, dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M\,ds}{EI}$, *appliquées aux divers éléments ds de la fibre moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'\,ds}{EI'}$, *parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments ds' des deux lignes conjuguées.*

Seconde règle. — Toutes les notations autres que les suivantes, restant celles précédemment indiquées, désignons par λ le rapport du coefficient d'élasticité longitudinale au coefficient d'élasticité transversale de la matière constituant l'arc, et posons

$$I' = 3I.$$

Convenons maintenant d'appeler :

1° *Points conjugués* relatifs à une section de centre de gravité D, les trois points H'', H''', H^{IV}, dont les coordonnées rapportées à la tangente en D à la fibre moyenne comme axe des x et à la normale comme axe des y, sont les suivantes

$$x'' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad x''' = +\frac{r\sqrt{2\lambda}}{2}, \qquad x^{IV} = -r\sqrt{2\lambda}$$

$$y'' = -\frac{r\sqrt{6}}{2}, \qquad y''' = +\frac{r\sqrt{6}}{2}, \qquad y^{IV} = 0;$$

2° *Moments conjugués* relatifs à la section D, les sommes des moments rapportés aux trois points H'', H''', H^{IV}, des forces extérieures appliquées à droite (ou à gauche) de cette section; nous représenterons ces sommes par $\mathfrak{M}'$;

3° *Lignes conjuguées*, les trois lieux formés par les points conjugués relatifs aux différentes sections de l'arc. Ces lignes et la fibre moyenne se correspondent point par point; nous désignerons par ds' l'élément d'arc qui, sur l'une quelconque des trois lignes conjuguées, correspond à un élément ds de la fibre moyenne.

Cela posé, par une analyse fondée sur une substitution analogue à celle indiquée plus haut, M. Bertrand de Fontviolant établit dans son Mémoire de nouvelles formules générales d'où il tire la règle suivante :

(1) *Sur les déformations élastiques dans les pièces à fibres moyennes planes ou gauches.* (Bulletin de la Société des Ingénieurs civils d'août 1888 et de mars 1889.)

Pour introduire les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant dans les théorèmes de la Statique graphique qui négligent ces quantités, il suffit d'y remplacer les forces fictives parallèles $\frac{M\,ds}{EI}$, *appliquées aux divers éléments ds de la fibre moyenne, par des forces fictives* $\frac{\mathfrak{M}'\,ds}{EI'}$, *parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments* $d\sigma'$ *des trois lignes conjuguées.*

Applications et conséquences. — Les deux règles précédentes généralisent les théorèmes relatifs aux arcs élastiques, sans en changer la forme d'ensemble ; il en résulte que le développement analytique ou graphique des théorèmes généralisés est entièrement analogue à celui des théorèmes primitifs.

Le Mémoire contient les principales applications et conséquences de ces règles : outre la généralisation des beaux théorèmes de M. Maurice Lévy sur la ligne de poussée des arcs de différents types, l'auteur donne la généralisation des théorèmes qu'il a établis dans un précédent Mémoire (1) en ce qui concerne la construction des déformations élastiques des pièces courbes et la détermination des diverses lignes d'influence des arcs encastrés aux deux extrémités.

En terminant M. Bertrand de Fontviolant remercie la Société de la bienveillante attention qu'elle lui a accordée, et fait hommage de son Mémoire aux éminents Maitres dont il a eu le bonheur d'écouter les leçons et dont il n'oubliera jamais les précieux conseils et les affectueux encouragements. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT félicite M. Bertrand de Fontviolant d'avoir complété d'une manière aussi simple et aussi élégante la résolution du problème très intéressant dont il vient de donner la solution, et il le remercie au nom de la Société de lui conserver la primeur de ses communications si claires et d'une utilité si incontestable. Mais il croit, après cette justice rendue aux travaux de notre savant collègue, devoir adresser une critique, non pas à ses travaux, mais à la tendance toujours croissante qu'a l'enseignement actuel de substituer des procédés géométriques et graphiques aux méthodes philosophiques et mathématiques qui constituaient, il y a peu d'années encore, la science de la résistance des matériaux telle qu'elle a été établie par les maitres de la mécanique. Il admet l'usage des solutions graphiques et des épures comme complément des solutions analytiques et pour bien faire ressortir les variations des fonctions que l'on a à considérer ; mais il a été à même de constater bien des fois que la multiplicité des solutions graphiques finissait par faire perdre de vue les principes fondamentaux de la science, les limites entre lesquelles il faut se tenir pour appliquer les résultats obtenus et, par suite, l'interprétation qu'il y a lieu de donner à ces résultats.

(1 Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de mars 1889.

M. Bertrand de Fontviolant exprime le regret de ne pas partager entièrement l'opinion qui vient d'être émise par M. le Président sur les méthodes graphiques.

Il ne croit pas qu'on doive restreindre l'emploi de ces méthodes à la représentation géométrique des variations des fonctions obtenues analytiquement. Ce serait sacrifier complètement la *Statique graphique*, dont les procédés n'ont, d'ailleurs, aucun rapport direct avec ce mode général de représentation employé dans toutes les sciences; ce serait se priver d'un puissant auxiliaire dont les mérites incontestables se résument en quelques mots : simplicité et rapidité dans les applications, diminution des chances d'erreur et facilité des vérifications.

Si, en thèse générale, l'analyse fournit la solution algébrique de tous les problèmes de Résistance, quelle qu'en soit la complication, les calculs numériques auxquels son application donne lieu sont souvent longs et pénibles, quelquefois même inextricables. Dans de tels cas, l'Ingénieur, dont le temps est toujours compté, n'a d'autre alternative que de recourir aux méthodes graphiques, ou de renoncer à résoudre la question qui l'intéresse : l'hésitation ne lui est pas permise.

On reproche à la *Statique graphique* de faire perdre la notion exacte des principes fondamentaux de la Résistance des matériaux. On reconnaitra qu'en ce qui concerne le véritable Ingénieur qui possède une instruction solide, l'objection ne porte pas. En quoi, d'ailleurs, une construction géométrique peut-elle dérouter davantage qu'un calcul algébrique, alors que l'un et l'autre reposent sur les mêmes données, sur les mêmes hypothèses, souvent sur les mêmes équations, et conduisent à des résultats identiques par des moyens qui seuls diffèrent?

M. Bertrand de Fontviolant est loin de prétendre qu'il faille renoncer à la Statique analytique et lui substituer la Statique graphique; mais il est convaincu que la seconde est le corollaire indispensable de la première.

Au reste, il est inexact de dire qu'il y a deux Statiques, l'une analytique, l'autre graphique. La science de la Statique est une; mais ses principes peuvent être développés de deux manières, algébriquement et géométriquement.

Ces deux modes de développement sont si intimement liés que l'étude de l'un et l'étude de l'autre peuvent se faire parallèlement, l'Algèbre et la Géométrie se prêtant ainsi un mutuel appui et éclairant, tour à tour, les questions sous un jour différent, pour en mieux faire apparaître toutes les faces.

En résumé, M. Bertrand de Fontviolant pense que les méthodes graphiques doivent être enseignées dans les écoles techniques, concurremment avec les méthodes algébriques, car elles constituent un instrument précieux qu'il est nécessaire de mettre entre les mains des Ingénieurs. C'est, d'ailleurs, ce qui a lieu à l'École centrale.

M. E. Polonceau dit qu'avec les méthodes graphiques, on ne peut pas faire de graves erreurs. Notre ancien et sympathique président, M. Eiffel, a souvent fait usage de ces méthodes graphiques pour la plupart de ses grands ouvrages et notamment pour la Tour.

M. LE PRÉSIDENT est d'accord sur le point consistant à prendre les méthodes graphiques comme complément des méthodes analytiques pour représenter les variations de certaines fonctions dont on détermine par le calcul les caractéristiques des tracés ; c'est le moyen que tout le monde emploie et auquel, lui aussi, a recours dans ses études. Mais la tendance toujours plus grande de substituer des tracés et des solutions géométriques aux principes sur lesquels est basée la mécanique lui fait craindre que l'interprétation des résultats obtenus par ces procédés finisse par s'écarter de plus en plus de celle qui, réellement, doit leur être donnée.

M. CHAUDY ne croit pas qu'il est bon de faire usage, d'une manière absolue, soit du calcul analytique, soit du calcul graphique. Dans certains cas, que le calculateur sait reconnaître, le calcul graphique peut avec avantage remplacer le calcul analytique ; dans d'autres cas, celui-ci est préférable à celui-là.

En ce qui concerne les arcs élastiques, le premier calcul à effectuer est celui de la poussée. On fera ce calcul analytiquement ou graphiquement selon le cas. Il s'agira ensuite de déterminer les valeurs des résistances des fibres extrêmes dans chaque section. Cette détermination est toujours très longue à effectuer sans le secours des opérations graphiques. Au contraire, en traçant sur une épure, avec la ligne moyenne et le polygone des pressions, les deux *lignes principales* de l'arc, on arrive rapidement et exactement aux résultats cherchés. Ainsi, dans le cas d'un arc à section constante, les résistances des fibres extrêmes sont représentées respectivement par les segments verticaux comptés entre les lignes principales, d'une part, et le polygone des pressions, d'autre part.

M. Chaudy a fait connaître les lignes principales des pièces élastiques et leur usage dans le calcul des arcs dans un article du *Génie Civil* du 12 janvier 1889. Il pense que ses collègues de la Société, qui s'occupent de construction, voudront bien lui faire l'honneur de le lire, et qu'ils reconnaîtront le bon parti que l'on peut tirer des indications qu'il a données.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Chaudy d'avoir rappelé cet article du *Génie Civil*, que beaucoup d'entre nous avaient, d'ailleurs, lu avec le plus grand intérêt, et il donne la parole à M. E. Bert pour continuer la discussion sur *les traités de commerce*.

M. ÉMILE BERT dit qu'après les remarquables discours de MM. J. Fleury et J. Euverte, il est un peu inquiet pour venir encore entretenir la Société de la question des traités de commerce ; s'il le fait, c'est à cause de l'importance du sujet et pour réfuter les théories exposées par M. Fleury, qu'il considère comme funestes à l'intérêt du pays si, par malheur, elles venaient à dominer chez nous, ce qui, aujourd'hui, ne paraît pas probable (1).

Il rappelle que dans la communication qu'il a faite précédemment, il a principalement examiné (abstraction faite de tout système économi-

(1) Voir le texte *in extenso* de cette communication dans le *Bulletin* de mai 1890.

que) s'il y avait lieu de dénoncer les traités de commerce actuels et les renouveler ou y renoncer; et, qu'après avoir démontré qu'ils n'ont aucun des avantages qu'on leur a trop gratuitement accordés, il avait conclu qu'on devait abandonner ce système pour reprendre notre indépendance.

M. Fleury n'a rien répondu à ces arguments et il n'a fait valoir aucun motif en faveur des traités de commerce. Il a complètement laissé cette question de côté pour faire l'apologie du libre-échange. Il a ainsi fait dévier la discussion de la voie où elle s'était engagée.

Avant de réfuter les idées présentées par M. Fleury, M. Bert revient encore sur les traités de commerce et montre que, contrairement à ce que l'on a dit, ils ne favorisent point l'exportation des objets fabriqués. D'après les renseignements publiés par M. Domergue dans son remarquable ouvrage (2) :

De 1835 à 1839	notre exportation	en objets	fabriqués	dépasse 0/0
	notre importation	de		78.95
1840 — 1849	—	—	—	81.77
1850 — 1854	—	—	—	86.56
1855 — 1859	—	—	—	89.12
1860 — 1864	—	—	—	84.09
1865 — 1869	—	—	—	75.54
1870 — 1874	—	—	—	66.03
1875 — 1879	—	—	—	54.33
1880 — 1884	—	—	—	47.31

Voilà un argument irréfutable, qui se passe de commentaires.

M. Emile Bert abandonne la question des traités de commerce pour suivre M. Fleury sur le terrain où il s'est placé. D'après lui, il ne faut pas se déclarer *a priori* partisan du libre-échange ou de la protection; c'est une affaire de temps et de circonstances, l'un ou l'autre de ces systèmes économiques sera bon ou mauvais suivant la situation du pays. Il estime, qu'à son avis, le meilleur régime économique sera celui qui aura pour résultat de porter la production nationale à son maximum de puissance.

Ensuite il défend la « balance du commerce » vivement critiquée par M. Fleury.

Puis il répond à M. Euverte qui a dit: qu'il ne faut pas s'en rapporter aux chiffres donnant le total des importations et des exportations, mais diviser les produits, comme le fait l'administration, en trois grandes catégories: objets d'alimentation, matières nécessaires à l'industrie, produits fabriqués. Cette division est défectueuse, car l'administration range dans les objets d'alimentation des produits destinés à l'industrie. Il cite des exemples, puis invoque l'autorité de M. Méline, dont la compétence est incontestable. De véritables produits manufacturés, dont l'importation atteint 600 millions par an, sont rangés parmi les matières pre-

(2) *La Révolution économique*, par Jules Domergue, Paris, 1890.

mières ; il y a même plus : certains objets sont portés à l'importation comme matières premières et à l'exportation comme objets fabriqués (1).

Sans donner à la balance du commerce plus d'importance qu'elle n'en mérite, il faut bien reconnaître qu'il est certain que d'une façon générale elle est favorable lorsque les exportations surpassent les importations et que l'inverse est toujours un signe fâcheux.

M. Émile Bert répond ensuite à M. Fleury en ce qui concerne le développement de la fortune en France depuis 1860. D'après lui ce développement ne provient pas de l'accroissement de notre marché extérieur, mais au contraire de celui de notre marché intérieur, qui absorbe, il ne faut pas l'oublier, les 4/5 de notre production.

Puis il combat l'opinion qui consiste à dire que le résultat du droit de douane est non seulement de frapper le produit étranger à son entrée en France, mais encore d'augmenter le produit français à toute l'importance du droit. — Il soutient que le droit de douane ne fait que surélever dans une certaine mesure le prix du produit français et que souvent même cet effet ne se produit pas du tout. A titre d'exemple, il cite ce qui s'est passé quand, en 1887, on a imposé les blés étrangers d'une taxe de 5 *f*. — Contrairement à ce qu'a dit M. Fleury, ce droit n'a eu aucun effet sur le prix du pain ordinaire, qui était à Paris, d'après le ***Bulletin municipal***, de 0,43 *f* en 1882, 1883, 1884, de 0,37 *f* en 1885 et de 0,36 *f* en 1888, 1889 et 1890.

Il parle ensuite des souffrances de l'agriculture et soutient que cette branche de notre activité nationale doit être protégée si l'on ne veut pas voir la crise agricole rejaillir sur l'industrie ; il y a entre ces deux branches de l'activité nationale une solidarité qu'on a trop souvent méconnue.

Puis il arrive à cette partie de l'argumentation de M. Fleury, qui avait soutenu que nous avons une supériorité incontestable en ce qui concerne les produits finis, ceux dont l'exécution exige de l'intelligence et du goût ; qu'il fallait transformer nos industries et que les ouvriers passeraient facilement d'un travail à un autre.

M. Émile Bert rappelle que M. le Président a déjà fait remarquer que c'était une erreur de croire qu'un ouvrier passait facilement d'un mode de travail à un autre. Puis il lit plusieurs passages d'une conférence très instructive, ayant pour titre : ***Ni libre-échange, ni protection***, faite le 24 février 1886, à l'École des Hautes Études commerciales, par notre sympathique vice-président, M. Périssé, et au cours de laquelle il a démontré que la France serait amoindrie et abaissée par le libre-échange. « La disparition des grandes industries métallurgiques et mécaniques qu'entrainerait le libre-échange enlèverait à la nation française les moyens de fabriquer elle-même ses armes, ses outils, ses vaisseaux de guerre, ses rails et ses locomotives. Tous ces objets nécessaires à son existence lui seraient fournis par ses voisins, les Anglais, les Allemands ou les Belges, qui pourraient fabriquer le fer et l'acier nécessaires au monde entier pendant plusieurs siècles. Il est vrai que la France fournirait de l'autre côté de la Manche et du Rhin des œuvres d'art, des objets et des produits artistiques, de beaux bijoux, des vins délicats.....

(1) Voir les développements et les exemples cités dans le Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de mai 1890

Voilà pourquoi nous ne voulons pas du libre-échange ; nous le repoussons parce que nous voulons que notre patrie française reste grande, forte et libre. »

Après avoir montré que le régime adopté en 1881 a été nuisible à notre agriculture et à notre industrie, M. Émile Bert termine en concluant ainsi :

« 1° Il faut dénoncer les traités de commerce actuels et ne point les » renouveler ;

» 2° Établir des tarifs suffisants pour permettre à l'agriculture de se » relever et à l'industrie de soutenir la concurrence étrangère. »

M. le Président constate le très grand intérêt avec lequel la réplique de M. Bert a été écoutée et donne la parole à M. Coignet.

M. Coignet s'excuse d'intervenir dans cette discussion après MM. Fleury et Euverte, pourtant il voudrait présenter quelques observations.

Il veut s'élever avec force contre cette idée que la situation économique de la France serait compromise. En admettant comme exactes les courbes des importations et des exportations telles qu'on les montre, s'il y eut une crise en 1880, elle est aujourd'hui presque terminée et la courbe des exportations va bientôt recouper celle des importations. Mais ces courbes sont inexactes. En dehors des considérations générales que rappelait encore dernièrement M. Rouvier à la tribune de la Chambre et relatives à la difficulté de l'établissement de ce tableau, en tenant compte de tous les éléments, il ne faut pas oublier ce que M. Coignet appelle l'exportation intérieure. Dans un pays de luxe comme la France où viennent en foule des étrangers, ceux-ci consomment sur place et achètent des produits en quantités énormes, produits qu'ils exportent eux-mêmes sans laisser de trace de cette exportation, alors que l'importation de leurs éléments, comme l'or et les pierres précieuses, par exemple, a été notée au passage. C'est par centaines de millions qu'il faut compter ces exportations intérieures qui ne figurent pas dans les statistiques officielles.

D'un autre côté on a dit que la différence entre les exportations et les importations avait créé une crise; c'est prendre l'effet pour la cause.

Ainsi, le phylloxera a déterminé dans l'agriculture une crise terrible qui s'est traduite par une augmentation dans les importations de 250 millions de vins espagnols ou italiens.

N'était-ce pas aux viticulteurs qui pendant un siècle ont profité du surmenage de leurs vignes à prévoir l'avenir, et n'est-ce pas à eux qu'il appartient maintenant de faire les efforts et les dépenses nécessaires pour ne plus avoir recours aux vins étrangers ? D'ailleurs, la reconstitution des vignobles avance considérablement.

D'autre part, la main-d'œuvre, qui pendant longtemps a été plus chère en France qu'à l'étranger, se relève considérablement dans le reste de l'Europe. La situation tend à se niveler. Le charbon est aussi cher en Belgique qu'en France (toutes les actions charbonnières ont haussé cette année de 20 0/0). La France exporte depuis un an de la fonte en Belgique et même en Allemagne.

Il ne faut pas considérer seulement le marché intérieur de la France. Au point de vue industriel, elle a un autre rôle à jouer. Pour modifier en sa faveur la balance des échanges, ce n'est pas en diminuant par des droits d'entrée les importations, c'est-à-dire en diminuant la valeur totale de la balance générale, qu'il faut procéder, mais bien en augmentant les exportations. Pour cela, il faut continuer dans la voie où nous sommes entrés, il faut modifier nos habitudes commerciales et aller chez les autres leur proposer nos produits sans attendre qu'ils viennent nous les demander.

Un exemple est frappant. On a prétendu un moment que les jouets allemands avaient envahi la France. Un syndicat de fabricants de jouets français a obtenu les résultats suivants :

L'exportation de ces produits étaient :	en 1867 de. . .	6 000 000 f
— —	en 1878 de. . .	16 000 000 f
— —	en 1889 de. . .	70 000 000 f

N'est-ce pas un exemple encourageant?

Si on veut protéger l'agriculteur qui prétend faire pousser du blé dans des terres humides où la nature n'est disposée qu'à produire de l'herbe, il faudra aussi protéger l'industriel qui se sera trompé en installant son usine dans de mauvaises conditions économiques de transport ou autres. Est-ce là le rôle de l'État? Son devoir est de ne pas se mêler de ce qui ne le regarde pas.

On a parlé du maïs. C'est un exemple des abus possibles de la protection. La France n'en produit pas *(Si, si)*, ou du moins très peu.

M. Ed. Coignet. — Soit : 20 départements sur 86 produisent la moitié de ce que la France consomme de cette matière première. Donc il ne faut pas mettre de droits. Mais, d'ailleurs, est-ce l'agriculture qui les réclame? Non. Ce sont les sucriers et les distillateurs de mélasses de betteraves. Ceux-ci ne sont pas encore satisfaits du cadeau de 80 millions que la loi de 1884 leur a fait. Comme les alcools de maïs les gênent, ils trouvent tout simple, sous couleur de protéger l'agriculture française, de faire mettre un droit sur la matière première nécessaire à leurs concurrents !

Dans la protection, on sait quand on entre, on ne sait pas quand on en sort.

M. Fleury s'est, paraît-il, l'autre jour, trouvé le seul libre-échangiste. Aujourd'hui, ils sont deux, car M. Coignet l'est aussi.

M. Coignet. —L'Ingénieur civil français devrait avoir à cœur de dire à ce point de vue :

Et s'il n'en reste qu'un, je serai celui-là !

Car, qui demande protection fait déclaration de faiblesse et d'impuissance, et ce n'est pas à l'Ingénieur, à celui dont le rôle dans l'industrie est de diminuer de toutes façons le prix de revient des produits manufacturés, à se déclarer incapable de lutter avec les ingénieurs des autres pays et à paraître craindre si fort même pour le marché français.

La protection peut être bonne pour un pays qui n'a pas son industrie

créée ou qui aurait besoin de faire vivre une industrie touchant à la défense nationale ; ce n'est pas le cas de la France.

Le libre-échange est le régime fécond de la liberté et de l'initiative individuelle, c'est le régime des hommes et des peuples forts et fiers qui n'ont besoin de personne et qui ne cherchent qu'en eux-mêmes le fonds nécessaire au succès de leurs entreprises.

M. Coignet reste profondément convaincu qu'on commet une faute en France en se rejetant du côté de la protection et que c'est dans le développement et la mise en pratique des idées libre-échangistes qu'est l'avenir de notre pays.

M. LE PRÉSIDENT rend hommage au sentiment de très grande conviction qui anime le discours de notre honorable collègue et à l'éloquence avec laquelle il a développé ses arguments en faveur de la liberté commerciale. Mais il croit devoir rappeler, au point de vue des arguments invoqués, que nos industries et grandes administrations payent à leurs ouvriers des salaires plus élevés qu'à l'étranger et font en leur faveur, sous différentes formes, des sacrifices que leurs concurrents ne s'imposent pas ; puis que les charges publiques sont plus grandes dans notre pays, et que l'argent enfin, lui-même, y est bien plus cher que chez nos concurrents.

M. H. COURIOT a la parole :

M. H. COURIOT dit qu'après l'exposé très complet de la question des traités de commerce fait par M. Bert, qu'après le chaleureux plaidoyer de M. Fleury en faveur du libre-échange, l'éloquente réplique de M. Euverte et les observations présentées par un grand nombre de membres de la Société, il n'a pas grand'chose à ajouter et qu'il n'abusera pas de la bienveillante attention de ses collègues.

La pensée à laquelle il obéit, en prenant la parole, est celle-ci : les traités de commerce sont-ils l'unique cause de la crise qui sévit sur toutes les branches de l'activité industrielle ? Cette crise est-elle due exclusivement aux traités de 1882, consentis sans réciprocité suffisante ? Il ne le croit pas. Une autre cause, non moins sérieuse, du ralentissement des affaires, réside dans une diminution des revenus de la France, coïncidant avec une augmentation importante de ses dépenses. Sans parler du poids d'un budget annuel de 3 à 4 milliards dont le total pendant vingt années donnerait un chiffre formidable de dépenses, M. Couriot estime que les emplois de capitaux, faits sans profit immédiat, et la diminution de revenus, subie par la France, dans l'espace des quinze à vingt dernières années, correspondent à 46 milliards, dont le poids pèse sur le pays.

L'insuffisance des récoltes de céréales durant cette période de quinze ans a mis la France dans la nécessité d'acheter du froment à l'étranger, en vue de subvenir à son alimentation, pour une somme de . . . . . 5 milliards 1/2

Le phylloxera a fait tomber la production vinicole de la France de 55 millions d'hectolitres à 25 millions ; la production des vins s'est relevée à 30 mil-

lions d'hectolitres en 1889 ; on peut cependant estimer que la diminution de la récolte de la viticulture correspond à une perte de 25 millions d'hectolitres par an, qui, à 20 francs l'un, constitue une réduction de revenus de 500 millions de francs par an, soit pour quinze années, de . . . . . 7 milliards 1/2

Sans critiquer des dépenses qui étaient nécessaires pour assurer l'indépendance de la France dans le concert des nations européennes, l'armement (guerre et marine) nous coûte en moyenne 800 millions de francs par an, ce qui, depuis vingt années, correspond à des sacrifices qui s'élèvent au total à . 16 milliards

Chacun sait, enfin, que les travaux publics (chemins de fer, ports et canaux), ont absorbé des capitaux importants, qui constituent en quelque sorte une avance, faite par la génération actuelle à celles qui la suivront et dont le remboursement sera effectué par ces dernières sur les produits à attendre et à récupérer pendant une longue période d'années à venir.

Il a été dépensé pour ces travaux, dont un grand nombre ne fournissent même aucun revenu immédiat et dont quelques-uns occasionnent, au contraire, un surcroît de dépenses annuelles d'entretien ou d'exploitation, une somme qui, pour vingt ans, peut être évaluée, en chiffres ronds, à . . . . . 12 milliards

Le total de ces avances et emplois de capitaux, ainsi que des diminutions de revenus que le pays a éprouvées s'élève, par suite, pour quinze à vingt ans, à . . . . . 41 milliards

chiffre formidable si on le compare à la rançon de guerre de 5 milliards payée à l'Allemagne, laquelle porte à 46 milliards les charges exceptionnelles du pays dans une période relativement courte ; chiffre écrasant si on le rapproche de l'état que nous apporte, aujourd'hui, notre collègue M. Bert, évaluant à 135 milliards la fortune de la France ; celle-ci, en quinze ou vingt ans, aurait dépensé le tiers de son capital !

Il lui a fallu une richesse, un ressort, une vitalité incroyables pour ne pas succomber sous une charge pareille ; il lui a fallu l'ardeur au travail, l'énergie et l'opiniâtreté qui caractérisent notre race pour n'être pas écrasée sous un tel fardeau et pour avoir donné à l'Europe le spectacle admirable d'une France encore riche et florissante, au moins en apparence, comme nous l'avons fait voir au cours de l'Exposition universelle de 1889.

Ces emplois de capitaux et cette diminution de nos revenus ont eu pour effet de drainer l'épargne qui s'est trouvée insuffisante pour féconder le commerce, l'industrie et l'agriculture, seules véritables sources de toutes richesses, et chacun sait combien l'épargne est nécessaire, soit pour combiner les opérations à long terme, soit pour créer ou perfectionner

le matériel industriel, soit pour amender le sol, soit enfin pour améliorer les méthodes culturales. L'absence de capitaux, pendant toute cette période, a produit la crise industrielle, commerciale et agricole que nous traversons ; et en ce moment, nous voyons l'argent toujours timide, n'osant pas encore se porter sur ces trois branches principales de l'activité humaine, mais allant s'employer à la Bourse, où les valeurs de tout repos atteignent les cours les plus élevés qui n'aient jamais été vus aux époques de la plus grande prospérité.

Arrivant à l'examen des traités de commerce et des tarifs de douane qui doivent être appliqués aux marchandises étrangères à leur entrée en France, M. Couriot dit que, s'il est partisan de droits compensateurs sur les produits fabriqués, afin de ne pas désarmer les producteurs d'articles qui assurent la rémunération du travail national, il pense que, comme les matières premières nécessaires à l'industrie, les produits alimentaires qui sont, en quelque sorte, la *matière première du travail humain*, la plus importante de toutes, doivent être affranchis de tout droit à la frontière. Cette considération lui fait rejeter le principe de la protection demandée pour l'agriculture. L'alimentation du pays a obligé la France à acheter, en quinze ans, pour 5,548 millions de francs de céréales ; or il ne faut pas perdre de vue que le pays a traversé une série de mauvaises récoltes, de 1875 à 1883, et que les résultats ont été médiocres en 1886 et 1888, de telle sorte qu'en quinze ans, la culture n'a eu que quatre bonnes années : 1882, 1884, 1885 et 1887.

Telle est la cause des importations de froment étranger ; ces importations étaient nécessaires à l'alimentation du pays. Un droit de douane sur les céréales eût été sans effet sur l'état des récoltes et sur les conditions climatériques qui ont fait fléchir celles-ci, mais il eût peut-être renchéri les prix d'achat pour les consommateurs.

En présence des chiffres apportés par M. Euverte, on peut se demander si l'agriculture tirera un grand bénéfice de la protection qu'elle sollicite, notre collègue ne nous a-t-il pas fait remarquer qu'à l'époque où le droit sur les céréales n'était que de 0,60 *f*, le produit du quintal de froment atteignait 31 *f*, tandis qu'aujourd'hui, avec un droit de 5 *f*, ce prix est tombé à 24,50 *f* ; cette différence ne montre-t-elle pas que les écarts de prix tiennent surtout à la plus ou moins grande abondance de la récolte et que les droits de douane ont une bien moins notable influence sur les prix qu'on ne le suppose en général.

Admirons, au contraire, l'harmonie avec laquelle toutes choses sont réglées dans la nature.

Le phénomène des saisons a pour effet de permettre de récolter le blé en Égypte et dans les Indes, au printemps de la France, en Europe et aux États-Unis en été et en automne, enfin, en Australie et au Cap dans nos mois d'hiver. Grâce au télégraphe il nous est possible de faire face, à tout moment, à l'insuffisance de notre récolte, par un télégramme envoyé aux points du globe où la production est la plus abondante et la plus avantageuse ; des navires de 4 000 *tx*, équivalant à la production qu'un fermier obtient sur 360 *h*, nous apportent ces céréales dans l'espace d'un mois au grand maximum, et l'hectolitre de froment arrive en France à un bon marché incroyable, il paie 3 *f* l'hectolitre pour être transporté

de Bombay à Marseille, c'est-à-dire qu'il n'en coûte pas plus pour venir des Indes que pour se rendre de Marseille à Paris.

Ces chiffres ont leur éloquence, ils montrent la révolution admirable opérée par l'industrie moderne, dont les Ingénieurs sont les représentants les plus autorisés, révolution accomplie au profit de l'humanité tout entière, et dont l'industriel doit profiter le premier, en nourrissant ses ouvriers à bon marché, révolution enfin dont l'effet serait détruit par les droits de douane sur les céréales. *(Approbation.)*

A qui pourraient d'ailleurs profiter les droits dont il s'agit? Aux grands propriétaires territoriaux qui, avec le morcellement de la France, sont l'exception; ce sont eux qui bénéficieraient des droits parce qu'ils produisent plus qu'ils ne consomment; mais le petit cultivateur, *qui vit toute l'année sur son champ, et qui est le grand nombre*, n'en tirera aucun avantage, car il consomme ses produits et il achète quand il y a insuffisance.

Pour bien s'en rendre compte, il faut voir jusqu'à quel point la propriété foncière est divisée en France; le tableau ci-dessous permet de l'apprécier, d'après le dernier recensement.

		Nombre des exploitations	Étendue moyenne	Totaux % en nombre	Totaux % en étendue
		—	—	—	—
			Hectares		
Petite culture	au-dessous de 1 *h.* . 2.167.667	4.033.545	0h,50	71,1	13,5
	de 1 à 5 *h.* 1.865.878		3h,00 à 1h,79		
	de 5 à 10 *h*	769.152	7,50	13,6	11,6
Totaux et moyennes de la petite culture . . .		4.802.697	2,60	84,7	25,1
Moyenne culture	de 10 à 20 *h.*	431.353	15,00	7,6	13,1
	de 20 à 30 *h.*	198.041	25,00	3,5	9,9
	de 30 à 40 *h.*	97.828	35,00	1,7	6,9
Totaux et moyennes		727.222	20,41	12,8	29,9
Grande culture	au-dessus de 40 *h*	142.088	156,71	2,5	45,0
TOTAUX ET MOYENNE GÉNÉRALE.		5 672.007 (1)	8,75	100,0	100,0

On voit que sur 5 672 007 exploitations, 2 167 667 propriétaires cultivent la surface moyenne, infiniment petite, d'un demi-hectare; près de deux millions d'autres (1 865 878) n'ont que 3 *h*, de telle sorte que ces propriétés réunies (4 033 545), qui représentent près des trois quarts du total, n'ont que 1,79 *h* de superficie moyenne. Ces quatre millions de propriétaires cultivent leurs modestes exploitations avec leur famille, et sur 18 249 209 Français qui vivent de l'agriculture, on peut dire que 12 à 15 millions sont répartis dans ces petites cultures et se nourrissent des produits qu'ils obtiennent. Si la récolte est insuffisante, ils sont obligés d'acheter au dehors ce qui leur est nécessaire, et ils paieront leur nourriture plus cher si des droits frappent les objets d'alimentation. Mais en revanche les droits d'entrée, qui grèveraient 38 millions de Français, profiteront entièrement aux 142 088 grands propriétaires territoriaux, qui récoltent bien au delà de leurs besoins; or il est permis de considérer ces derniers comme les moins intéressants, car ils ont juste-

(1) Superficie cultivée totale = 49 561 861 *h.*

ment le capital et l'instruction avec lequel ils peuvent améliorer les méthodes culturales et lutter contre la concurrence étrangère.

C'est donc à tort qu'on réclame des droits de douane sur les céréales au nom de *travailleurs agricoles*, il est établi qu'ils n'en bénéficieront pas.

Il importe, comme le faisait très justement observer M. Euverte, de développer l'enseignement professionnel agricole, et cela surtout parmi les petits cultivateurs qui sont en France le grand nombre ; comme il vient d'être dit, 85 0/0 des agriculteurs ne possèdent en moyenne que 2,5 *h.* Cet enseignement aura pour effet de propager les méthodes rationnelles et d'élever, par suite, le rendement du blé à l'hectare, de 15,7 *hl* à 17,1 *hl;* grâce à cette augmentation bien minime du rendement, la production totale de la surface emblavée passera de 110 millions d'hectolitres à 120 millions, et la France ne sera plus tributaire de l'étranger pour son alimentation. Cet effort, cet accroissement de 10 0/0 dans le rendement à l'hectare sont peu de chose à obtenir, si on songe qu'au lieu de récolter 15,7 *hl* à l'hectare, l'Angleterre produit 26 *hl*, la Belgique 24, et que dans le nord de la France, on obtient couramment de 20 à 24 *hl.* Or, il est difficile d'admettre que le beau ciel de France ne soit pas au moins aussi favorable à la culture que le climat brumeux, froid et nébuleux de la Grande-Bretagne.

Si on examine la situation de la viticulture, on est très frappé de voir que, malgré la diminution de récolte produite par l'invasion du phylloxera, réduction qui correspond à 500 millions de francs de recettes en moins par an, les exportations de vins de la France se sont maintenues, et que nous continuons à vendre, chaque année, pour 250 millions de francs de vins à l'étranger. Le maintien de nos ventes au dehors s'explique, si on se rend compte de ce fait que nos grands vins seuls s'exportent.

Ils ne rencontrent aucune concurrence sur les marchés européens ; ils ont pu, vu leur prix élevé, faire les frais nécessaires pour lutter victorieusement contre le fléau dévastateur et continuent à se vendre au dehors de la France, comme par le passé et pour le même chiffre. En revanche, la réduction de la production a contraint le pays à faire entrer, depuis plusieurs années, pour 350 à 400 millions de francs de vins ordinaires, importations qui ont comblé l'insuffisance de la récolte. C'est que la France n'est pas seulement un des plus forts producteurs, elle est en même temps le plus grand consommateur de vins du monde entier, aussi a-t-elle été chercher au dehors ce que sa viticulture ne lui donnait plus. Ces importations, qui iront en décroissant, par suite de la reconstitution qui se fait peu à peu du vignoble français au moyen des cépages américains, étaient absolument nécessaires au pays, aussi les droits sur les vins ne peuvent qu'en renchérir le prix et, en même temps, nous faire fermer les marchés étrangers, sur lesquels s'exportent les produits des grands crus français.

En résumé, M. Couriot pense que, dans les nouveaux tarifs de douane, il convient : que les *matières premières* nécessaires à l'industrie entrent en franchise ou ne soient soumises qu'à des droits très faibles, tels que les droits de statistique.

Que les *matières alimentaires* et, par cette expression, il entend la presque généralité des produits agricoles, qui, comme substances nutritives, sont la *matière première du travail humain*, soient exemptes au même titre.

Que les *produits fabriqués*, enfin, soient protégés par des droits compensateurs tenant compte, notamment, des écarts qui se produisent d'un pays à l'autre sur le prix de la main-d'œuvre ; mais il croit que les produits manufacturés ont seuls droit à cette protection.

Faut-il dénoncer les traités actuels et leur substituer deux tarifs, l'un maximum et l'autre minimum ? M. Couriot pense qu'il faut dénoncer les traités de 1882, pour arriver à une tarification tenant mieux compte des situations et assurant le bénéfice d'avantages équivalents à ceux qui pourront être accordés aux pays étrangers ; mais il dit qu'il importe de donner à ces tarifs la fixité, si nécessaire aux opérations à long terme et sans laquelle il n'y a pas de lendemain pour l'industrie ; il conviendrait donc de négocier des traités avec les puissances étrangères pour cinq, huit ou dix ans, sur la base du tarif minimum.

M. Couriot croit que cette faculté, si vantée et demandée par M. Bert, de pouvoir modifier les tarifs à tout moment, constituerait un véritable danger, car elle engendrerait l'instabilité, alors que les affaires, les opérations à longue échéance, l'amortissement du matériel exigent que le commerçant et l'industriel soient garantis par des traités contre de brusques variations de tarifs.

En terminant, M. Couriot dit qu'il faut, avant tout, assurer la loyauté des transactions commerciales par des dispositions législatives permettant de confisquer à la frontière les produits étrangers entrant en France ou transitant, porteurs d'inscriptions françaises, comme celles qui y figurent souvent de l'autre côté du Rhin ; ces désignations mensongères et trompeuses, telles que le sont les expressions : *Articles de Paris*, *Nouveautés de Paris*, *Modes de Paris*, etc., inscrites sur des marchandises d'origine étrangère, nuisent à la fois à notre commerce et à la bonne réputation de notre fabrication ; enfin, elles ont pour but de substituer à nos productions, soit sur le marché français, soit à l'étranger, des contrefaçons grossières et sans goût, au détriment du travail national ! S'il est donc une protection qu'il soit permis de réclamer avec énergie et insistance, c'est celle qui aura pour résultat de débarrasser la France d'une concurrence déloyale qui s'exerce contre elle, en prenant pour base le bon renom dont jouissent ses produits et la confiance que sa probité commerciale inspire.

M. Couriot ne doute pas que, sur ce point, chacun ne soit unanime à demander une protection efficace, et il aura eu ainsi la bonne fortune de mettre une fois d'accord ensemble les partisans du libre-échange et ceux de la protection. *(Applaudissements.)*

M. le Président félicite M. Couriot de l'attrait qu'il a su donner aux arguments qu'il vient de développer et qui ont été écoutés avec le plus vif intérêt par la Société ; il l'en remercie au nom de tous ses collègues. Il croit cependant devoir présenter une observation contre les arguments invoqués, c'est que les 4 millions de propriétaires ne possédant en

moyenne qu'un hectare ne peuvent pas vivre avec leur famille du produit unique de leur terre et sont obligés de travailler une partie de leur temps comme ouvriers chez ceux qui sont plus favorisés ; or, il est très important que ceux-ci puissent leur donner le salaire nécessaire pour les faire vivre et leur permettre d'amasser le petit pécule avec lequel ils agrandissent et améliorent leur propriété.

M. Couriot dit que les cultivateurs sont bien à la fois propriétaires et ouvriers; qu'on les considère comme on voudra, cela n'infirme en rien ses observations dont il résulte que ces petits cultivateurs consomment la totalité de leur récolte et vivent avec leur famille du produit de leurs champs ; obligés même d'acheter au dehors, si la récolte est insuffisante, ils ne bénéficient nullement des droits de douane sur les céréales et sur les produits agricoles.

M. Polonceau fait observer qu'il n'est peut-être pas exact de dire qu'il y a quatre millions de petits cultivateurs ayant en moyenne 1,1/2 *ha*.

En effet, une grande quantité d'entre eux ont 3 *ha* au moins et, par suite, peuvent vendre du blé. Dans le calcul précédent, on ne tient pas compte de ceux-là et il n'est question que des 142 000 gros propriétaires.

M. Couriot répond qu'en France, la surface cultivée est de 49 millions 561 861 *ha* et la population de 38 218 903 habitants. Bien que la France soit, comme production agricole, un peu au-dessous des besoins de sa consommation, on peut admettre d'après ces chiffres qu'il faut 1,3 *ha* pour nourrir chaque habitant.

Si on estime que la famille d'un cultivateur se compose de quatre personnes, lui compris, sa nourriture exige une surface de 5,2 *ha* et jusqu'à ce chiffre, la récolte ne correspond qu'à ce qui est nécessaire pour faire face à l'alimentation de cette famille, et il ne reste même rien pour l'achat du superflu.

M. Fleury ne rentrera pas dans la discussion, qu'il convient de ne pas prolonger indéfiniment ; aussi bien, n'est-ce pas nécessaire. Il a eu des adversaires qui l'ont traité avec une bienveillance excessive ; mais qui après avoir constaté qu'il soutenait la thèse du libre-échange, effrayés sans doute de cette étiquette, n'ont pas vérifié le fond et ont laissé les arguments de M. Fleury en dehors de leur examen. Il a eu cependant la satisfaction de les entendre dire que le libre-échange était la théorie de temps meilleurs, celle de l'avenir peut-être. Il ne diffère donc d'avec eux que quant à la date de l'avènement. Quant à lui, il le croit possible immédiatement, et il en a donné des raisons auxquelles il n'a rien à changer, auxquelles MM. Coignet et Couriot viennent d'ajouter des arguments nouveaux et saisissants. On les retrouvera donc dans le *Bulletin*, si ses collègues veulent bien lui faire l'honneur de le lire encore après l'avoir entendu. C'est aussi à ses précédentes observations qu'il renvoie pour la réponse à faire à M. Bert, le seul qui ait serré la discussion d'un peu près.

M. Fleury reconnaît que les idées ne se forment et ne se modifient pas tout d'un coup. Il comprend parfaitement que ses collègues veuillent bien prendre le temps de la réflexion. Il les prie seulement d'avoir pré-

sents à l'esprit la nature et le sens de notre commerce extérieur: de constater que presque toutes nos industries définitives, celles qui occupent le plus grand nombre de bras et d'intelligences, sont exportatrices; c'est-à-dire qu'elles affrontent avec succès, dans les conditions actuelles, la concurrence étrangère. Qu'on se demande alors à quelle extension, à quel développement elles n'atteindraient pas si leurs matières premières, leur outillage, les vivres de leurs ouvriers, n'étaient pas surtaxés? Et comme ces surtaxes, ces surélévations de prix sont la conséquence nécessaire des droits de douane, n'arrivera-t-on pas à cette conclusion que le développement de nos industries, l'accroissement de productivité de notre travail, et par suite le bien-être général exigent l'abolition des droits de douane? On a cité l'Angleterre, en disant qu'elle avait adopté le libre-échange dans son intérêt exclusif; mais elle ne l'a imposé à aucune autre des nations avec lesquelles elle trafiquait. Il n'y a eu là de sa part ni manœuvre, ni duperie, comme on l'a dit. En abolissant le tarif des douanes, l'Angleterre a assuré le développement de son industrie et la prospérité de son commerce. Elle a assuré la vie à bon marché et facilité, de la façon la plus rationnelle et la plus libérale, la solution des problèmes sociaux les plus inquiétants. Elle a pu, notamment, sans intervention législative, arriver à la diminution des heures de travail, sans diminuer le salaire. C'est un grand résultat. Nous pouvons faire de même; les résultats ne seront ni moins sûrs ni moins avantageux pour notre pays, dont l'intérêt et la grandeur doivent exclusivement nous préoccuper.

M. Euverte n'a qu'un mot à dire au sujet des observations que vient de présenter M. Couriot de la manière la plus intelligente et avec un entrain communicatif.

Parlant de la production agricole, M. Couriot a fait remarquer que si l'agriculture arrivait seulement à la production moyenne de 17 *hl* par hectare, au lieu de 15 qu'elle produit aujourd'hui, la France aurait assez de blé pour sa nourriture, et nous n'aurions plus besoin de faire appel aux blés étrangers.

M. Euverte pense qu'il y a, dans cette appréciation, une erreur qu'il ne faut pas laisser s'accréditer; si le droit de 5 *f* n'existait pas, et si l'agriculture augmentait sa production, le résultat serait une baisse considérable du prix du blé, qui serait surabondant sur le marché, parce que les importations étrangères augmenteraient.

M. Euverte rappelle, à cet égard, ce qu'il a dit à la dernière séance:

En 1879, le droit d'entrée était à 0.60 *c* par 100 *kg*:

Importation	859 000 000 *kg*
Exportation.	44 000 000 *kg*
Prix par 100 *kg*.	31 000 000 *f*

En 1889, le droit est de 5 *f* par 100 *kg* :

Importation	373 000 000 *kg*
Exportation.	95 000 000 *kg*
Prix par 100 *kg*.	24 500 000 *f*

Il est bien certain que, si le droit de 5 *f* n'avait pas existé, l'importa-

tion aurait été augmentée dans une proportion considérable, le prix aurait baissé, et l'agriculture aurait énormément souffert.

Il en serait de même si l'agriculture augmentait sa production sans être, *momentanément*, couverte par un droit protecteur.

Il faut que, pendant un certain temps, l'agriculture soit soumise au régime protecteur, pour grandir et se fortifier; il faut qu'elle puisse gagner assez pour augmenter son capital; si l'on veut améliorer la situation, avoir plus d'engrais, il faut avoir une plus grande quantité de bœufs, de vaches, de moutons; et pour arriver à ce résultat sur toute la surface du pays il faut un grand nombre de millions.

M. Euverte répète que certaines industries ont grandi parce qu'elles ont été convenablement protégées; elles ont trouvé le capital qui leur était nécessaire, et le développement s'est produit.

M. Couriot dit: « Protégeons l'industrie, mais ne protégeons pas l'a-» griculture; il faut dégrever la nourriture qui est l'élément primordial » du travail. » Mais il faut bien remarquer que le droit protecteur n'est pas toujours une cause d'augmentation du prix de consommation, ainsi que cela vient d'être établi par un exemple positif et très remarquable.

Il faut ajouter que le développement du travail national est bien autrement important que l'abaissement du prix de consommation.

Et d'ailleurs, pourquoi protéger plutôt l'industrie que l'agriculture? Les agriculteurs sont les plus nombreux, ils tiennent une large place dans les corps délibérants, pourquoi sacrifieraient-ils l'industrie agricole à l'industrie manufacturière?

M. Euverte conclut en répétant ce qu'il a dit à la dernière séance; il faut étudier toutes les situations, apprécier si, oui ou non, il y a nécessité de protéger; il faut mettre, en un mot, la science et l'étude à la place de l'empirisme et des systèmes absolus.

Il faut, d'ailleurs, rester autant que possible dans la modération, et montrer par tous les moyens aux nations étrangères que nous ne sommes pas réfractaires à l'échange. Notre exportation a une grande importance, il faut la ménager.

M. Polonceau partage l'opinion de M. Euverte. Il croit qu'il faudrait augmenter les droits sur les blés; pour que l'agriculture s'améliore et puisse recourir aux procédés de culture perfectionnée, il faut qu'elle gagne de l'argent pour acheter des instruments et des engrais qui coûtent cher.

Quant à la production du blé en Angleterre dont a parlé M. Couriot, il faut remarquer que dans ce pays on ne cultive que les terres qui rapportent beaucoup, tandis qu'en France on cultive partout. L'agriculture française a besoin de protection.

M. Sévérac demande à dire un mot au sujet de la métallurgie. Avant l'utilisation des minerais phosphoreux, le bassin de la Loire était prospère; depuis, la métallurgie a pris du développement dans Meurthe-et-Moselle, Nord, Basses-Pyrénées; les usines de la Loire, Terrenoire, Bessèges n'ont pu résister à la concurrence intérieure; la protection n'a fait que déplacer les centres industriels; mais, si la liberté absolue a existé, non seulement les anciens centres ont disparu, mais les nouveaux qui sont aujourd'hui prospères étant bien placés, n'ont pu être créés.

Au sujet des produits finis, il dit qu'avant 1882, c'est-à-dire entre 1860 et 1882, les détails des traités de commerce avaient été si mal étudiés, que si la matière brute était prohibée par les droits exorbitants, aux 100 *kg* dont elle était frappée, l'introduction des produits fabriqués était favorisée par les droits *ad valorem* beaucoup inférieurs aux droits qui frappaient la matière première. Il dit qu'un tarif de douane sur les objets fabriqués devait comprendre d'abord les droits sur la matière première nécessaire à la fabrication, et ensuite des droits sur la main-d'œuvre.

M. Couriot, répondant à M. Euverte, indique que les exportations de céréales ont été souvent supérieures dans le passé au chiffre des importations et qu'il croit que le jour où la production française suffira aux besoins du pays, le blé étranger ne passera plus nos frontières, ce qui assurera des prix suffisamment rémunérateurs. Il croit que la protection de l'agriculture engendrerait l'immobilité et serait contraire aux intérêts du grand nombre.

M. Euverte signale qu'en 1879 et 1880, les importations de blé étaient de 857 millions, alors que le droit n'était que de 0,60 *f* et que le blé se vendait 31 *f* l'hectolitre : c'est parce que nos récoltes étaient mauvaises et qu'il était indispensable d'avoir recours à l'étranger. Aujourd'hui avec le prix d'entrée de 5 *f* l'importation s'est abaissée à 372 millions. Voilà des faits incontestables.

M. Gassaud dit qu'avec le développement des chemins de fer, il y a aujourd'hui des facilités de transport qui n'existaient pas autrefois.

M. Polonceau dit qu'en 1884 une commission, nommée par le ministre du commerce, est allée étudier en Autriche la question sucrière. Elle a constaté qu'il y avait là des terrains excellents et que la main-d'œuvre n'était que de 1,50 *f* à 2,25 *f* par journée. Le combustible est à des prix très bas, les débris de lignite coûtant 2,50 *f* à 3 *f* la tonne. Il était évident dans ces conditions que l'industrie du sucre disparaitrait en France si l'on ne frappait pas les sucres étrangers de droits assez élevés.

M. le Président donne la parole à M. Fleury.

M. J. Fleury saisit cette occasion de rappeler qu'à l'époque dont vient de parler M. Polonceau, s'agitait la question d'une nouvelle législation fiscale des sucres. On voulait arriver au prélèvement de l'impôt sur la betterave, en attribuant à celle-ci un rendement déterminé, au delà duquel les excédents devaient être indemnes. Dans l'enquête préparatoire qui avait spécialement pour but de permettre de fixer le rendement sur lequel serait basée la perception, on vit non seulement des particuliers, mais des corps organisés, chambres consultatives, comices, syndicats, des journaux spéciaux, affirmer avec la plus grande énergie que la betterave en France ne pouvait pas donner plus de 5 à 6 0/0 de sucre. Ceux qui ont cru pouvoir ainsi affirmer la stérilité du sol qu'ils cultivaient ont eu gain de cause. Le rendement qu'ils indiquaient a été adopté par la loi. Et tout aussitôt, on a vu le rendement s'élever, progresser, arriver à 10 et 11 0/0, ce qui assure de beaux bénéfices facilement acquis. Il est utile d'avoir ce souvenir présent à l'esprit, quand on en-

tend dire que jamais on n'obtiendra pour le blé des rendements comparables à ceux de l'agriculture belge ou anglaise.

M. Polonceau répond qu'au début de la culture la betterave donne de 14 à 15 0/0, mais au bout d'un certain temps, si on la cultive toujours dans le même terrain, le rendement s'abaisse à 5 ou 6 0/0.

M. Polonceau croit utile d'appeler l'attention sur un danger de la protection : c'est de créer un *monopole, de faciliter les accaparements ;* or, nous, Ingénieurs civils, nous sommes et serons toujours contre les monopoles et les accaparements, parce qu'ils sont la négation du progrès qui est la vie des nations, qui élève le niveau intellectuel et amène progressivement l'amélioration du sort du travailleur.

La protection, si on n'y prend garde, c'est le *statu quo.* — Nous l'avons vu avant 1860, et c'est très certainement à l'influence des traités de 1860 que l'on doit l'essor de la métallurgie, les développements, les progrès réalisés, etc., et cela, nous pouvons le dire, par les travaux des Ingénieurs civils.

Ce n'est pas à dire qu'il faille adopter le libre-échange : ce serait l'écrasement et la ruine de certaines industries et spécialement de l'agriculture.

Ce qu'il faut, c'est examiner chaque cas particulier, ne céder aux autres États qu'en échange de conditions favorables pour nous et enfin, ne pas oublier un seul instant qu'avant tout, outre l'agriculture et ses produits, il y a beaucoup d'industries qu'il faut à tout prix sauvegarder au point de vue de la défense nationale, ce que certaines personnes oublient trop facilement.

Il faut une juste balance entre la protection et le libre-échange de manière à éviter les monopoles et les accaparements au détriment des consommateurs, du progrès et de la défense nationale, c'est par notre esprit inventif, par nos choses nouvelles, par nos progrès incessants que nous parviendrons à développer notre exportation et à agrandir l'action de notre patrie.

M. le Président remercie M. Polonceau d'avoir si bien résumé la question très complexe que la Société discute depuis trois séances et rend tout d'abord justice au sentiment de profond patriotisme qui a guidé chaque orateur dans le développement des arguments invoqués. Sans formuler un avis, que nos statuts ne nous permettent pas d'émettre sur le sujet traité, M. le président croit cependant pouvoir dire qu'il semble résulter de ces discussions qu'il y aurait lieu de dénoncer les traités de commerce, et tout en étudiant des droits, tenant compte des charges toutes spéciales qui grèvent notre production nationale, de ne pas les exagérer, afin de ne pas s'exposer à entraver le commerce ou à ralentir le progrès. C'est, comme l'a fort bien dit M. Polonceau, une question spéciale à traiter pour chaque industrie particulière.

M. le Président croit devoir clore la discussion en renouvelant aux membres de la Société qui ont défendu leurs opinions tous ses remerciements pour le très grand intérêt qu'ils ont su donner à leurs arguments et pour la somme considérable de renseignements on ne peut plus intéressants dont, à cette occasion, nos publications vont se trouver enrichies.

La séance est levée à onze heures et demie.

LES CHAUDIÈRES A VAPEUR

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

I

DESCRIPTION ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX

PAR

M. S. PÉRISSÉ

Un groupe de membres de notre Société a visité et a étudié les chaudières à vapeur de l'Exposition de 1889. Trois d'entre eux vont successivement vous faire part du résultat de leurs études.

Je me suis chargé de vous présenter la description de ces chaudières avec l'indication de leurs caractères généraux, laissant à nos collègues, MM. Ch. Compère et Paul Régnard, le soin de les comparer et de les apprécier, au point de vue de la sécurité et au point de vue des foyers et de l'utilisation du combustible.

Nous ne nous sommes pas occupés des chaudières de locomotives et de locomobiles, mais seulement des chaudières fixes.

Les générateurs de vapeur appartenaient à la classe 52, mécanique générale. Le plus grand nombre, étant en feu pour la fourniture de la force motrice, ne figuraient pas dans la galerie des machines; mais disséminées un peu partout, nous avons visité ces chaudières au Champ de Mars, dans la grande cour du côté de l'École militaire, dans la cour intérieure de l'Électricité, dans une annexe le long de l'avenue La Bourdonnais, au sous-sol de la pile sud de la Tour Eiffel et sur la berge de la Seine. Quelques chaudières étaient en feu à l'esplanade des Invalides.

On peut classer en cinq catégories les chaudières de 1889 :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires;
2° Chaudières à foyer intérieur;
3° Chaudières tubulaires proprement dites;
4° Chaudières à gros bouilleurs.
5° Chaudières diverses.

Quelques appareils appartiennent à deux des catégories.

Les quatre dernières n'étaient représentées chacune que par deux ou trois types et, quant à la première, elle comprenait à elle seule une vingtaine de chaudières, c'est-à-dire un bien plus grand nombre que les autres réunies.

Les *chaudières multitubulaires*, formant la première catégorie, sont loin de se ressembler toutes, et on pourrait les diviser à leur tour en plusieurs groupes, si on les comparait, par exemple, au point de vue de la marche et de la circulation du liquide et de la vapeur à l'intérieur des tubes.

Ainsi nous en trouverons dans lesquelles le liquide se meut en zig-zag comme dans la Belleville; dans d'autres, les veines liquides plus ou moins gazeuses font retour sur elles-mêmes concentriquement, comme dans les Collet, et, dans un grand nombre, la circulation générale suit un chemin trapézoïdal. Je veux parler des chaudières, genre Babcock et Wilcox, composées essentiellement d'un faisceau tubulaire inférieur très incliné, d'un corps cylindrique supérieur horizontal, réunis à l'avant et à l'arrière par deux conduits parallèles. La forme générale extérieure rappelle celle d'un trapèze. Enfin, un certain nombre ont une circulation qui leur est propre, telles que les chaudières Oriolle et Trépardoux.

Les chaudières multitubulaires se prêtent facilement à un sectionnement des parties essentielles qui les composent. Il est facile de les disposer en une série d'éléments juxtaposés, plus ou moins indépendants les uns des autres, et c'est encore là une cause de diminution de danger en cas d'accident, puisque la matière explosive, qui est l'eau à haute température sous pression, se trouve divisée; mais, sans entrer dans la question de sécurité et d'explosion, qui doit être traitée par notre collègue, M. Compère, je dirai cependant qu'il est impropre d'appeler inexplosibles les chaudières multitubulaires, ce qui tend à faire supposer qu'elles ne peuvent pas faire explosion.

On leur donne souvent ce nom d'*inexplosibles*, sans doute parce que les explosions pour cause d'excès de pression sont moins fréquentes en raison de la plus grande résistance des petits corps cylindriques et aussi parce que les explosions auxquelles elles donnent lieu ont des conséquences moins graves, pour cette raison que la matière explosive qu'elles contiennent est en moins grande quantité.

Mais, par contre, ces chaudières ayant un volant de chaleur moins grand, exigent plus de soins pour être maintenues en marche régulière. Aussi, pour augmenter le réservoir d'énergie, plusieurs constructeurs ont été amenés à augmenter la tension de la vapeur, condition facile à réaliser, puisque les tubes bouilleurs de petit diamètre sont capables de résister à de hautes pressions, tout en présentant de minces épaisseurs de métal.

La haute pression favorise parfois le dépôt des matières étrangères en dissolution dans l'eau et, en ce qui concerne ces matières ainsi que les boues en suspension, les inventeurs et les constructeurs se sont attachés à recueillir ces dépôts, calcaires ou autres, dans la partie basse de la chaudière, d'où on peut les extraire assez facilement.

Les chaudières à petits tubes bouilleurs sont employées depuis plus de cent ans, principalement aux États-Unis ; ceci dit, sans vouloir diminuer le mérite des hommes courageux et persévérants, tels que les Belleville, Babcock et Wilcox, et de Naeyer, qui ont indiqué les dispositions pratiques et les perfectionnements qui en ont assuré le succès.

Je vais maintenant décrire successivement les différentes chaudières exposées, et principalement les chaudières en feu, en suivant l'ordre des catégories plus haut indiquées.

1° Chaudières a petits tubes bouilleurs dites multitubulaires

Un grand nombre de *générateurs* ***Belleville*** sont en marche sur plusieurs points de l'Exposition. Ils constituent un modèle qui représente quarante années de travaux, car c'est en 1849 que M. Belleville a commencé ses recherches pour obtenir une chaudière puissante sous un petit volume, et ne présentant pas les dangers d'explosion auxquels sont exposées les chaudières à grand volume d'eau et à grand corps cylindrique. Le grand et légitime succès, obtenu surtout depuis une dizaine d'années, a récompensé l'inventeur de ses persévérantes recherches.

Un générateur Belleville se compose de plusieurs éléments juxtaposés, indépendants les uns des autres. Chacun affecte la forme d'un chemin en zig-zag, à dilatation libre, composé de tubes de 8 à 10 *cm* de diamètre et de 2 *m* de longueur, inclinés de quelques centimètres par mètre et formant un canal unique et continu de la base au sommet. Les tubes sont assujettis entre eux par des manchons et contre-bagues avec joints à vis, de sorte que l'en-

semble des parties qui constituent un élément, forme, pour ainsi dire, une seule pièce de section constante. Toutes les pièces sont en fer ou en acier.

Les parties et surfaces de chauffe sont facilement accessibles, de sorte qu'on peut opérer le nettoyage indispensable, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, et ces nettoyages sont facilités par la faible longueur des tubes.

Au-dessus des éléments tubulaires est un réservoir collecteur non chauffé, placé transversalement, et réunissant le mélange d'eau et de vapeur qui en provient, et recevant en même temps l'eau d'alimentation.

L'eau descend par des tuyaux externes au bas desquels est intercalé un récipient déjecteur des dépôts calcaires dont les bons résultats sont aujourd'hui sanctionnés par une longue pratique.

De cette disposition d'ensemble, il résulte qu'il y a une circulation active produite par une grande différence de densité entre l'eau qui fait retour de haut en bas et le mélange d'eau et de vapeur qui s'élève.

A la partie supérieure, il y a essorage par action centrifuge de l'eau entraînée ; d'ailleurs, le séchage de la vapeur est assuré par son passage dans des tubes que les gaz viennent chauffer dans leur dernier parcours.

La grille est presque aussi longue que le faisceau tubulaire, et a la même largeur. Les flammes s'élèvent en s'infléchissant un peu vers l'avant, en raison d'une cloison posée sur les tubes du haut, et elles se rendent dans la cheminée, vers l'arrière ; il en résulte que le parcours des flammes est peu considérable et qu'une cheminée puissante n'est pas nécessaire.

Les éléments composant un générateur sont logés dans une enveloppe formée de tôles, cornières et briques, à parois rectangulaires. Celle de la façade est munie de portes pour la boîte à tubes, pour le foyer et pour le cendrier.

Pour assurer les dépôts calcaires et sulfatés, et aussi pour augmenter le volant de chaleur, les chaudières de l'Exposition marchent à 13 ou 14 *kg* de pression, avec détendeur de vapeur, ramenant à 7 *kg* la pression de la conduite allant aux machines motrices.

Les chaudières *de Naeyer*, qui ont rendu depuis plusieurs années de si grands services en Belgique et en France, sont représentées à l'Exposition par deux installations, dont l'une est très impor-

tante, puisqu'elle comprend six générateurs ayant ensemble plus de 1 600 m^2 de chauffe.

Les tubes du faisceau tubulaire incliné à environ 15 *cm* par mètre sont accouplés deux par deux au moyen de boîtes en fonte malléable ou en acier fondu. La superposition d'un certain nombre de ces éléments forme une série, et une chaudière est d'autant plus puissante que les séries sont plus hautes et plus nombreuses.

Les éléments sont reliés entre eux, à l'avant comme à l'arrière, au moyen de boîtes de communication et de bagues en fer à joint biconique. Ce joint métallique, fixé par un simple boulon, est étanche, sans interposition d'aucune matière. Les communications sont obliques parce que les tubes sont disposés en quinconce, et leur nettoyage s'opère en démontant les communications, de sorte que l'intérieur des tubes est accessible aux deux bouts.

L'eau d'alimentation est introduite dans le réservoir supérieur de vapeur pour faciliter la précipitation des sels à l'état pulvérulent, en élevant brusquement la température de l'eau qui descend ensuite au collecteur inférieur d'alimentation par un tuyau placé à l'autre extrémité du réservoir.

L'eau s'élève ensuite en parcourant tous les tubes étagés de la série jusqu'à un collecteur supérieur de vapeur communiquant lui-même avec le grand réservoir d'eau et de vapeur. Ce grand réservoir placé au-dessus du faisceau tubulaire n'est pas chauffé directement, et il contient peu d'eau. La vapeur produite effectue un long parcours en changeant plusieurs fois de direction, et ainsi, elle arrive suffisamment sèche au dôme.

Le chauffage se fait par une grille occupant toute la largeur, et ayant pour longueur la moitié ou le tiers de celle du faisceau tubulaire, qui se trouve ainsi chauffé par une double ou une triple circulation verticale de gaz brûlés séparés en couches minces par la disposition en quinconce des tubes.

Le nettoyage extérieur des tubes est pratiqué par les regards latéraux dans lesquels on introduit entre les tuyaux une lance à vapeur.

Deux des générateurs de la cour de la force motrice ont une disposition spéciale. Entre la chaudière et la cheminée existe un second faisceau de tubes quinconcés, mais horizontaux, dans lesquels l'eau d'alimentation circule en serpentant de bas en haut, c'est-à-dire, en sens inverse de la marche des gaz chauds. Ceux-ci sont ainsi plus refroidis et l'eau prend dans ce réchauffeur une

température élevée avant d'entrer dans le générateur proprement dit.

La chaudière *Babcock et Wilcox*, dont l'usage aux États-Unis est très répandu depuis déjà longtemps, est représentée à l'Exposition par deux installations ; l'une dans la cour de la force motrice, et l'autre sur la berge pour les machines élévatoires.

Le premier type de cette chaudière remonte à 1867, et déjà on y trouve un faisceau tubulaire inférieur très incliné relié à un faisceau tubulaire horizontal supérieur par deux communications verticales. On avait ainsi obtenu une chaudière à circulation rapide avec parois inclinées au coup de feu ; mais les tubes étaient en fonte et ne purent résister. Depuis lors, des modifications d'ensemble et de détail ont été apportées, et aujourd'hui, la chaudière Babcock et Wilcox présente les dispositions suivantes :

Un faisceau incliné à raison de 0,20 *m* à 0,25 *m* par mètre de tubes en fer de 102 *mm*, qui communiquent par des conduits perpendiculaires à l'avant et à l'arrière avec un corps cylindrique supérieur occupant toute la longueur du fourneau. Au point le plus bas, à l'arrière, un cylindre collecteur des dépôts.

Chaque série verticale ou élément se compose de tubes superposés de deux en deux alternativement, et emmanchés à leurs deux extrémités dans des boîtes de communication en fonte, dont la forme sinusoïde permet la jonction d'une même ligne verticale de tubes. En réunissant un certain nombre d'éléments, on obtient un ensemble de tubes en quinconce.

Les trous ménagés dans les boîtes pour recevoir les tubes sont alésés légèrement coniques, de sorte que ceux-ci y sont mandrinés, et pour permettre leur nettoyage, il est ménagé devant chacun d'eux une ouverture fermée par deux disques en fer ; l'un à l'intérieur forme joint autoclave, pour le cas où le bouchon extérieur viendrait à manquer, par suite de la rupture du boulon qui relie les deux disques.

Le foyer occupe une profondeur comprise entre le tiers et la moitié de la longueur du faisceau, et sur celle-ci nous trouvons deux cloisons formées de petites pièces réfractaires interposées entre les tubes. Cette disposition force les gaz brûlés à effectuer trois parcours verticaux à travers le faisceau divisé ainsi en trois parties de largeurs décroissantes, afin de présenter aux gaz des sections décroissantes au fur et à mesure que leur volume diminue en se refroidissant.

Dans la cour de la force motrice, il y a deux paires de générateurs entre lesquelles est placé un faisceau tubulaire incliné, sans foyer ni réservoir, servant de réchauffeur d'eau, dit *économiser*.

La chaudière anglaise du système *Root*, exposée par MM. Knap et C°, se compose d'une série de tubes-bouilleurs inclinés, de 120 *mm* de diamètre et de 3 *m* de long, avec des collecteurs et un réservoir supérieur placé transversalement. On retrouve toujours la même disposition d'ensemble. Ce qui caractérise le système Root, c'est l'emploi pour les joints de bagues biconiques, portant en leur milieu un renflement qui se prête mieux aux mouvements de dilatation (1). Les tubes sont placés en quinconce et sont terminés par un raccord à deux tubulures, de telle sorte que l'une des tubulures communique avec la rangée inférieure de tubes par l'intermédiaire d'une boîte maintenue par des boulons, et l'autre tubulure, avec la rangée supérieure, par le même moyen.

Quatre *générateurs système Collet* fournissent la vapeur aux machines qui élèvent l'eau aux deuxième et troisième étages de la Tour Eiffel pour le service des ascenseurs ; d'autres générateurs de ce système sont installés sur d'autres points.

Ce système de générateur se compose d'un faisceau tubulaire incliné au dixième environ, d'un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, et de tubes sécheurs de vapeur. Le système est caractérisé par une disposition spéciale des tubes vaporisateurs à dilatation libre. Chaque tube se compose d'un tube extérieur de 100 *mm* et d'environ 2,30 *m* de longueur, fixé à l'avant à un collecteur de vapeur, et portant à l'arrière un bouchon, et d'un tube interne concentrique, appelé tube directeur. Ce dernier tube fait saillie à l'avant, de telle sorte qu'il traverse le collecteur de vapeur et vient déboucher dans une seconde partie de collecteur remplie d'eau sans vapeur. A l'arrière, le tube central est moins long que le tube vaporisateur ; il en résulte que l'eau entrant par l'avant dans ce tube fait retour à l'arrière par la section annulaire, et se vaporise en remontant dans l'espace compris entre les deux tubes. Des bouchons existent à l'avant et à l'arrière, et sont maintenus par un boulon tirant de 20 *mm* qui traverse le tout pour faire joint, en appliquant par son serrage les surfaces les unes contre les autres. Le remplacement d'un tube est assez facile, puisqu'il suffit de desserrer l'écrou pour tout démonter.

(1) Les joints biconiques ont été employés par Perkins, il y a plus de cinquante ans, pour raccorder ses tuyaux de chauffage à haute pression. (Voir l'ouvrage publié par Ch.-J. Richardsoa, architecte. — Londres, 1837.)

L'eau d'alimentation est introduite dans le réservoir supérieur ; elle descend par la partie avant du collecteur; elle pénètre dans les tubes intérieurs, et la vapeur de la partie interne du collecteur se rend directement au réservoir.

La production de la vapeur se fait dans de bonnes conditions; l'eau chemine en descendant, et la vapeur en montant, dans des conduits différents. Sur les surfaces de chauffe une circulation active est assurée, ce qui est une bonne condition, tant au point de vue de la puissance de vaporisation qu'à celui de la conservation des surfaces en bon état.

La grille et le parcours des flammes sont analogues aux dispositions adoptées dans la chaudière Belleville.

Les nombreuses *chaudières* exposées par *M. Roser* sont de deux types différents, mais composés tous deux essentiellement d'un vaporisateur tubulaire incliné d'environ 0,15 *m* par mètre, surmonté d'un réservoir d'eau et de vapeur. Le premier, à tubes bouilleurs simples de 120 *mm*, comprend un faisceau tubulaire communiquant à sa partie supérieure à l'avant avec le réservoir, et à son point bas, à l'arrière, avec un cylindre transversal de gros diamètre qu'il appelle hydro-déjecteur.

Les tubes bouilleurs superposés sont reliés entre eux à chaque extrémité par un collecteur rectangulaire en fer forgé et soudé, avec joint autoclave à l'avant et en face de chaque tube. Les différents collecteurs rectangulaires de l'avant aboutissent tous dans un collecteur horizontal placé entre le faisceau tubulaire et le réservoir; les collecteurs d'arrière s'assemblent sur le collecteur horizontal, hydro-déjecteur. Les joints des collecteurs verticaux avec les collecteurs horizontaux sont constitués par des bagues biconiques avec petits tampons et boulons de serrage.

L'alimentation se fait dans le réservoir qui communique à l'arrière avec l'hydro-déjecteur, au moyen de deux tubes non chauffés par lesquels descend le liquide. La profondeur de la grille est comprise entre le tiers et la moitié de la longueur du vaporisateur, et deux cloisons réfractaires forcent les gaz brûlés à faire trois parcours verticaux.

Le second type à doubles tubes est caractérisé par la diminution de longueur du vaporisateur En effet, la surface de chauffe se trouve augmentée parce que chaque tube bouilleur de 125 *mm* reçoit un tube intérieur concentrique, de 80 *mm* par lequel s'effectue le retour de flammes. Cette chaudière appartient donc au

type dit tubulaire, en même temps qu'au type dit : à petits tubes-bouilleurs.

Le constructeur a disposé dans cette nouvelle chaudière à retour de flammes un sécheur de vapeur tubulaire, horizontal, placé entre le faisceau incliné et le réservoir supérieur d'eau et de vapeur.

Un générateur analogue au précédent, à retour de flammes et à tubes amovibles, a été exposé par des constructeurs d'Anzin, *MM. Morelle et C*ie: Les tubes bouilleurs ont de 140 à 160 *mm* de diamètre; les tubes intérieurs ont des joints du système Bérendorf.

Chaudières, système *Terme et Deharbe*, exposées par une Société anonyme coopérative.

Il y a toujours un faisceau de tubes bouilleurs, et au-dessus un réservoir d'eau et de vapeur. Le faisceau tubulaire comprend des éléments composés chacun de trois rangées verticales de tubes, légèrement inclinés sur l'horizontale. Les tubes de centre sont inclinés en sens contraire des deux tubes latéraux, et c'est par ceux-ci que le mélange d'eau et de vapeur est amené dans le collecteur vertical, tandis que les tubes du centre servent à alimenter d'eau chaque élément de deux tubes supérieurs.

Il y a deux collecteurs horizontaux, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Le collecteur inférieur reçoit l'eau pour la distribuer aux différents éléments par l'intermédiaire de boîtes mères, alimentant les deux tubes inférieurs. L'autre, supérieur, est placé au-dessus des collecteurs verticaux de vapeur.

Le système est caractérisé par un mode de joint qui permet de remplacer facilement un tube, tout en donnant une grande facilité de montage.

Les tubes sont renflés à leurs extrémités et ont une partie tournée conique sur laquelle s'emmanche une boîte dont l'orifice est également alésé conique, mais sur un angle différent de celui du tube. A l'extrémité, la boîte est fermée par un bouchon, et il suffit de serrer l'écrou d'un boulon à ancre prenant son point d'appui sur deux trous du tube pour faire un joint, avec interposition seulement d'amiante entre la boîte et le bouchon. Le joint métallique sec du tube et de la boîte est assuré, malgré une certaine mobilité du système, par le contact des deux parties coniques d'angles différents.

La mobilité du joint constitue un des avantages du système ; de plus, il est disposé d'une façon rationnelle, puisque les tubes for-

mant le deuxième parcours de mélange d'eau et de vapeur sont au nombre de deux pour un seul tube de premier parcours.

La grille est presque aussi longue que le faisceau tubulaire et les gaz brûlés ont un seul parcours vertical contrarié par des chicanes horizontales.

Dans la chaudière exposée sur la berge, à la Station de la Compagnie de l'Éclairage électrique, il a été placé un foyer *Hermann et Cohen*, qui est à grille multiple mobile avec chargement dans une trémie supérieure. Le charbon descend automatiquement et aussi à l'aide d'un mouvement de la première grille supérieure. La combustion est à flamme renversée au moyen d'une voûte placée en contre-bas. La seconde grille, la plus grande inclinée de 45 à 50°, peut pivoter autour de sa base, et c'est là que se forment les mâchefers qui sont facilement brisés et tombent sur la troisième grille inférieure, laquelle bascule pour le décrassage en marche.

MM. Le Brun, Pillé et Daydé, constructeurs à Creil, ont exposé une chaudière du système *Lagosse et Bouché*, du type trapézoïdal comme les précédentes, avec cette particularité que le faisceau tubulaire se compose de deux parties, dont l'une inférieure de deux rangées de tubes recevant le coup de feu à des collecteurs spéciaux qui envoient de suite la vapeur dans le réservoir supérieur. La partie supérieure comprend quatre rangées de tubes, et ses collecteurs sont indépendants des précédents.

La jonction entre les boîtes de raccord et les boîtes de communication est obtenue au moyen de petits tubes biconiques, aujourd'hui très employés.

Deux de ces générateurs sont garnis de grilles Godillot, dont nous parlons plus loin.

La *chaudière Montupet*, dont la disposition générale appartient au type Babcock et Wilcox, a un vaporisateur incliné d'environ 0,20 *m* par mètre, et des collecteurs en fer forgé.

Le système est caractérisé par l'emploi de communications en tubes ondulés en fer, pour permettre la dilatation des colonnes verticales d'avant et d'arrière, et par l'emploi d'un joint particulier des tubes permettant une certaine mobilité, en vue de la dilatation libre, sans avoir à employer un boulon de serrage, comme dans d'autres systèmes analogues.

Le générateur multitubulaire du système *Pressard* se différencie en ce que le point bas du faisceau tubulaire est à l'avant, au-dessus

de la porte du foyer, et en ce que le dégagement de vapeur se fait à l'arrière. On ne voit pas les raisons qui ont amené l'inventeur à adopter l'inclinaison en sens contraire.

M. *Pognon* a présenté son système dit : « A serpentin mixte », dans lequel il n'entre pas de collecteurs généraux, comme dans d'autres chaudières multitubulaires, mais une série de tubes collecteurs qui sont juxtaposés avec joints entre eux, de façon à permettre leur facile dilatation, en même temps que l'amovibilité des tubes.

La chaudière du système *Maniguet*, exposée par M. Lacroix, a la forme générale des chaudières multitubulaires que nous venons de décrire, mais avec une disposition toute particulière qui permet d'augmenter la surface de chauffe par unité de volume.

Le faisceau tubulaire incliné est composé de gros tubes de 210 *mm* mandrinés sur les parois internes de caissons en fer forgé, et à l'intérieur de chaque gros tube, passe un petit faisceau de quatre tubes en croix, de 65 *mm*, portant des tampons coniques qui font joint sur les parois externes des caissons. Pour nettoyer les petits faisceaux, il faut les retirer en démontant les barrettes à l'arrière.

La grille occupe presque toute la longueur du faisceau tubulaire, et les flammes, après avoir traversé en montant le faisceau de gros tubes, reviennent de l'avant à l'arrière par l'intérieur des petits tubes, et se rendent ensuite à la cheminée.

Nous trouvons dans la section belge une chaudière de M. *Hanrez*, qui est formée d'un faisceau tubulaire presque vertical, puisque son inclinaison sur l'horizontale est de 60° environ. Les tubes sont reliés haut et bas par deux caisses en tôle à parois entretoisées. La caisse supérieure communique par une large ouverture avec un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, placé en arrière et en haut du corps tubulaire, et de l'extrémité duquel descend un tube vertical qui communique avec la caisse inférieure, collecteur de dépôts.

Un foyer à étages placé en regard de la partie inférieure des tubes permet de brûler méthodiquement des combustibles bon marché. Les gaz brûlés chauffent le faisceau tubulaire en serpentant deux fois. La plus grande partie du corps supérieur n'est pas chauffée. Il porte une disposition spéciale pour sécher la vapeur, consistant en deux dômes, dont l'un communique avec la cham-

bre de vapeur, tandis que l'autre en est séparé par une partie conique plongeant dans l'eau. La vapeur prise dans le premier dôme passe par un tuyau dans le second, où elle subit un changement brusque de direction avant de se rendre dans la conduite.

La maison belge *Petry-Chaudoir* a exposé une chaudière en feu formée par deux faisceaux tubulaires opposés bout à bout, avec réservoir au-dessus.

La chaudière *Oriolle* qui fournit la force motrice à la station d'Électricité, près la gare de Decauville, aux Invalides, se compose de deux lames d'eau inclinées et parallèles qui communiquent par un faisceau de petits tubes bouilleurs de petit diamètre, inclinés à raison de 10 à 20 *cm* par *m*. L'écartement des tubes, qui est de 40 *mm* à la partie inférieure, diminue progressivement jusqu'à 17 *mm* à la partie supérieure, et au-dessus, se trouve un réservoir d'eau et de vapeur.

Chaque lame d'eau est constituée par deux plaques parallèles trapézoïdales, la petite base en haut, et maintenues par un grand nombre d'entretoises rivées. Les tubes sont mandrinés dans les trous des plaques intérieures, et les ouvertures des plaques extérieures, destinées au nettoyage des tubes, sont fermées par de petits autoclaves munis de rondelles en caoutchouc.

Tous les tubes fonctionnent donc indépendamment les uns des autres, comme de simples bouilleurs, de sorte que la suppression de l'un d'eux ne fait pas obstacle au fonctionnement des autres, comme cela arrive dans les systèmes qui ont des éléments composés de tubes solidaires.

Le rapprochement des tubes, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du foyer, constitue un très sérieux avantage, puisque les sections de passage entre les tubes se trouvent ainsi à peu près proportionnelles au volume des gaz brûlés, qui va en diminuant en s'éloignant du foyer, c'est-à-dire en se refroidissant. Les produits de la combustion donnés par une grille placée au-dessous du faisceau tubulaire s'élèvent verticalement entre les tubes jusqu'à la cheminée placée au-dessus. Le nettoyage de l'extérieur des tubes se fait par un jet de vapeur introduit par quelques trous non garnis de tubes, de la plaque intérieure.

Ce système de chaudière est très robuste ; il contient une grande surface de chauffe par unité de volume ; son poids est relativement faible ; et il présente au point de vue de l'inexplosibilité de bonnes conditions de sécurité.

Un générateur *de Dion, Bouton et Trépardoux* fonctionne aux Invalides dans l'annexe Geneste et Herscher.

C'est un générateur multitubulaire comprenant une enveloppe formée de deux cylindres, d'un bouilleur central et d'un faisceau de tubes reliant le bouilleur à l'enveloppe.

Les tubes sont rayonnants et inclinés, en rangées superposées, de façon que les tubes de chaque rangée correspondent aux intervalles des tubes des rangées immédiatement voisines. Le faisceau tubulaire se continue au-dessus du niveau normal de l'eau dans la chaudière, de telle sorte que la vapeur se sèche en cheminant dans les tubes. La circulation de la vapeur dans les tubes supérieurs est d'ailleurs assurée par un diaphragme placé dans le bouilleur au milieu de sa hauteur. La partie supérieure du bouilleur forme réservoir de vapeur.

La grille a été supprimée et remplacée par un foyer semblable à ceux que MM. *Geneste, Herscher*, emploient dans leurs calorifères pour l'utilisation des combustibles menus.

Ce foyer comprend essentiellement une grille inclinée et basculante placée au-dessus et en avant d'une petite grille ordinaire horizontale et fixe. La grille inclinée, avec entrées d'air latérales, est constituée par des supports sur lesquels sont disposés des barreaux ajourés et bruts de fonte placés en gradins, et fixés au moyen de broches en fer cornière, ce qui permet leur remplacement facile. Le combustible, chargé dans une trémie, coule en brûlant sur ces barreaux en gradins et les mâchefers se retirent par l'intervalle laissé libre entre la grille inclinée et la grille horizontale. Le mouvement de bascule de la grille inclinée permet de la mettre horizontale pour l'allumage et le nettoyage.

Les ateliers Fraissinet, de Marseille, ont exposé deux chaudières multitubulaires de sytème *Lagrafel* et *d'Allest*, qui sont à retour de flammes avec boîte à feu commune, qui peuvent marcher à tirage forcé, auquel cas, on brûle plus de 200 *kg* par m^2 de grille.

La chaudière du système *Bordone* est une chaudière type de bateau, qui a été construite avec un plus grand volume d'eau pour actionner un pulsomètre.

Ce type comprend presque toute la série des appareils vaporisateurs qu'on retrouve dans les autres chaudières : corps supérieur, bouilleurs réchauffeurs, petits tubes horizontaux, tubes verticaux, tubes pendentifs avec tubes adducteurs; mais ce qui

caractérise le système, c'est l'emploi de tubes jointifs placés au-dessus, à droite et à gauche du foyer, de manière à utiliser toutes les parties métalliques comme surface de chauffe, en l'absence de toute maçonnerie. On a un long parcours de gaz et une grande surface de chauffe dans un espace très restreint. L'alimentation se fait dans les réchauffeurs inférieurs, desquels les boues sont extraites par vidange.

2° Chaudières a foyer intérieur

Les chaudières *à foyer intérieur amovible,* éminemment françaises, sont représentées à l'Exposition par trois chaudières en eu : deux du système *Thomas* et *Laurens*, exposées par la Société centrale de Pantin, et par MM. Archambault et Soucaille ; la troisième, exposée par la Compagnie de Fives-Lille, a une disposition différente, employée depuis peu. Dans la galerie des machines, nous trouvons une chaudière *Galloway* à deux foyers intérieurs.

La chaudière exposée par MM. *Weyher et Richemond*, de Pantin, est du type bien connu que la Société centrale a fourni depuis de longues années avec beaucoup de succès.

Cette chaudière se compose d'un grand corps cylindrique fixe, avec réservoir supérieur d'eau et de vapeur. Le corps cylindrique porte un foyer intérieur à l'extrémité duquel existe une boîte permettant aux flammes de revenir sur elles-mêmes par des tubes horizontaux traversant la couronne d'eau qui entoure le foyer intérieur. L'ensemble du foyer, des tubes et de la boîte qui est à dilatation libre, forme un tout amovible qui se boulonne à l'avant sur la bride du corps cylindrique, avec joint en caoutchouc. Cette amovibilité a pour avantage de pouvoir désincruster facilement l'extérieur des tubes, et permet d'avoir un foyer de rechange.

Le générateur exposé par la *Compagnie de Fives-Lille* a son corps tubulaire au delà et en prolongement du foyer intérieur. Celui-ci, de 1,02 *m* de diamètre, et de 2,83 *m* de longueur, est formé par deux viroles, avec le système de joints très employé en Angleterre, et qui comporte des bords relevés avec congés très arrondis. La grille occupe les deux tiers environ de la longueur du foyer en tôle, et l'autre tiers constitue une chambre de combustion dans laquelle les gaz se brassent et s'enflamment avant d'entrer dans les tubes. Il y a une longueur de 3,50 *m* entre les plaques tubulaires d'avant et d'arrière ; cette dernière est boulonnée sur le fond

par une contre-plaque, de façon à permettre l'amovibilité du tout par le déboulonnage du joint de l'avant et des quelques boulons de l'arrière. Les tubes sont assemblés à joints coniques, d'après le système démontable de Berendorf.

Le corps cylindrique inférieur fixe est relié à un réservoir supérieur d'eau et de vapeur par trois cuissards de gros diamètre. La prise de vapeur est faite au moyen d'un tuyau horizontal de gros diamètre percé de trous, qui occupe toute la longueur du corps supérieur et qui débouche directement dans le dôme par une tubulure centrale. Ainsi on évite les soubresauts et les entraînements d'eau. La circulation des flammes et des gaz brulés a lieu par le foyer intérieur, par le corps tubulaire et puis en retour par l'extérieur du générateur.

La chaudière *Galloway* se compose d'un grand corps cylindrique à fonds plats dans le bas duquel sont deux foyers intérieurs se prolongeant par un carneau unique de section elliptique régnant sur toute la longueur. Les parois de ce carneau sont entretoisées haut et bas par des tubes coniques disposés en quinconces, lesquels constituent des petits bouilleurs verticaux. Les gaz brûlés reviennent en chauffant une partie du corps cylindrique et s'en retournent en chauffant l'autre partie.

3° Chaudières tubulaires

Les chaudières tubulaires proprement dites sont celles dans lesquelles les gaz brulés parcourent l'intérieur des tubes d'un faisceau tubulaire, à l'inverse, par conséquent, de ce qui se passe dans les chaudières dites multitubulaires, dans lesquelles c'est l'eau ou la vapeur qui parcourt l'intérieur des tubes. Les chaudières de locomotives ou de locomobiles sont essentiellement des chaudières tubulaires. MM. *Davey, Paxmau et C*^{ie} ont installé, dans la cour intérieure de l'Électricité une batterie de 9 chaudières, type locomotive, avec chambre de chauffe en sous-sol et application de *foyers Godillot*, alimentés mécaniquement de houille fine au moyen d'un système d'hélices conduisant le combustible jusqu'au-dessus de chaque grille.

La grille Godillot, dont M. Regnard vous parlera, a l'apparence d'un demi-cône dont les barreaux vont sans cesse en décroissant de la base au sommet, et l'alimentation, se faisant au point culminant, s'opère facilement d'une façon mécanique. Employée d'abord

pour la combustion des matières pauvres, cette grille a reçu quelques modifications pour servir à brûler des menus de houille, de coke ou d'anthracite. A cet effet, il a été établi une circulation d'eau dans les barreaux, ce qui lui a fait donner le nom de « grille à bassins étagés ». Chaque barreau porte une nervure qui plonge dans une cuvette en fonte remplie d'eau, et le trop plein de chaque cuvette se déverse dans la cuvette inférieure.

La grille Godillot a été également employée sur deux chaudières Roser en feu, et aussi sur deux des générateurs exposés par MM. Pillet et Daydé; dans ceux-ci, les grilles sont placées au même niveau que les grilles ordinaires. Le charbon est chargé dans la cour dans une trémie reliée à un élévateur et mue mécaniquement pour l'amener dans une deuxième trémie, d'où il est distribué par des vis sur le sommet des grilles.

4° Chaudières a gros bouilleurs

La maison *Meunier et Cie* de Fives-Lille nous a montré deux générateurs à bouilleurs semi-tubulaires; une chaudière verticale à bouilleurs croisés soudés, et diverses pièces détachées dont l'exécution ne laisse rien à désirer. Tous les appareils sont en tôle d'acier extra-doux de Denain, que ces constructeurs emploient aujourd'hui exclusivement. Aussi ont-ils présenté des éprouvettes et diverses pièces pour démontrer l'excellence du métal, notamment des tôles pliés en deux et quatre parties, à froid, au pilon, après avoir subi la trempe.

Nous ne décrirons pas la chaudière semi-tubulaire préconisée et construite depuis longtemps dans le nord de la France; qu'il nous suffise de rappeler qu'elle se compose de deux gros bouilleurs horizontaux surmontés par un gros corps cylindrique tubulaire à fonds plats avec les cuissards ordinaires formant communications.

La maison *Fontaine*, de Lille, présente aussi une chaudière semi-tubulaire qui est en feu dans la cour de la force motrice, et une autre dans la galerie des machines, et dont la bonne exécution est à signaler.

Un constructeur de Vienne (Isère), M. *Trainard*, a exposé un type de chaudière de M. Dulac d'Armentières (Nord). Il se compose de plusieurs bouilleurs inclinés, superposés, de diamètre ordinaire, reliés par l'avant seulement au corps supérieur de la chaudière

horizontale et libres à l'arrière dans le point le plus bas. Sur la largeur existent plusieurs murettes qui forcent les gaz brûlés à une série de parcours verticaux, à l'inverse, par conséquent, de ce qui se passe généralement.

C'est donc une chaudière à grand volume d'eau et de vapeur, dans laquelle la circulation paraît mieux assurée que dans les chaudières ordinaires à bouilleurs horizontaux.

5° Chaudières diverses

La chaudière de M. *Dulac* présente une disposition toute spéciale avec un foyer à cuve muni d'une grille à échelons d'une disposition nouvelle.

La chaudière se compose de trois parties ; celle qui est placée au-dessus du foyer est formée par une série de tubes Field de 1,40 *m* de longueur et de 70 *mm* de diamètre, lesquels sont surmontés de tubes collecteurs de dépôts. Les tubes pendentifs sont surmontés normalement par un fond bombé, de sorte qu'ils ne sont pas parallèles et qu'ils forment, dans leur ensemble, un éventail tronc-conique. La pratique a démontré que, grâce aux appareils de décantation et de circulation, les corps en suspension viennent se déposer en très grande partie dans les collecteurs supérieurs.

La deuxième partie est un cylindre horizontal et la troisième un cylindre vertical au bas duquel se fait l'alimentation. Il en résulte que pour arriver aux tubes pendentifs l'eau suit un chemin de sens inverse à celui des gaz brûlés, qui se refroidissent rapidement au contact de l'éventail tubulaire. Celui-ci présente cet avantage que la section libre entre les tubes est maxima dans la partie basse où les gaz sont les plus chauds (environ 1 200 degrés), et cette section va en diminuant au fur et à mesure que les gaz, en se refroidissant, ont diminué de volume. Au point haut de l'évantail, les gaz n'ont plus que 400 degrés.

Le foyer se présente sous la forme d'une cuve conique en briques de 0,11 *m* d'épaisseur, refroidies extérieurement par un courant d'air qui contourne la cuve avant de se rendre à la grille, de sorte que sa température s'élève jusqu'à 90 degrés.

La grille présente une inclinaison de 40 à 50 degrés avec l'horizontale. Elle est formée d'une série de cuvettes en fonte étagées avec alimentation d'eau à chaque étage. Sur ces cuvettes pose simplement une série de petits barreaux en fonte juxtaposés, qui

sont mobiles autour de leur base triangulaire plongée dans l'eau. La porte de chargement est en forme de cuvette oscillant autour d'un axe horizontal, de telle sorte que dans les deux positions, l'air ne peut pénétrer directement sur la grille.

MM. Imbert frères ont exposé un générateur dit le *Hérisson*. Ce type se compose d'un corps cylindrique vertical qui porte tout autour dans sa partie basse plusieurs rangées de tubes Field, horizontaux, normaux par conséquent à la paroi du cylindre. Il n'existe aucun joint autoclave ; les nettoyages et l'entretien se font par l'intérieur de la chaudière dont toutes les parties sont à dilatation libre.

Le chauffage n'existe que sur la hauteur du Hérisson ; le fond de la chaudière où se forment les dépôts n'est donc pas soumis à l'action des flammes.

Une chaudière d'un type nouveau a été exposée par M. *Durenne* de Courbevoie. Elle a été adoptée par le régiment de sapeurs-pompiers de Paris, pour les nouvelles pompes à vapeur ; le problème consistait à avoir un générateur léger, puissant sous un faible volume, et d'une mise en pression très rapide. Pour obtenir ce triple but, M. Durenne a remplacé les tubes pendentifs d'une chaudière Field par un faisceau de petits tubes curvilignes en cuivre faisant communiquer le bas de la couronne d'eau entourant le foyer avec le ciel de celui-ci.

Ces tubes sont à dilatation libre, en raison de leur forme plus ou moins contournée ; ils sont très rapprochés les uns des autres, puisque dans une chaudière de 600 de diamètre, 72 tubes de 30 *mm* ont pu être placés. Leur position presque verticale produit une circulation très active de l'eau, et la vapeur doit se dégager avec une grande intensité dans le réservoir traversé par la cheminée. La vapeur serait certainement très humide si le tuyau de prise ne venait se brancher sur un manchon entourant la cheminée, dans lequel la vapeur entre par des trous diamétralement opposés à ce tuyau.

La surface de chauffe de la chaudière de la pompe à incendie est de 5,82 *m*, et comme chaque mètre carré peut vaporiser plus de 50 *kg* par heure, 8 minutes suffisent pour la mise en pression. Enfin, le poids de la chaudière vide n'est que de 350 *kg*, environ.

Le constructeur a présenté dans la cour de l'électricité une chaudière d'usine de même type ayant 30 m^2 de surface de chauffe et pouvant alimenter une machine de 120 chevaux.

Les nouveaux générateurs *Serpollet*, à vaporisation instantanée, sont exposés dans un pavillon spécial sur la berge de la Seine. C'est évidemment le type de chaudière le plus original ; il ne ressemble à aucun de ceux qui l'ont précédé.

Une chaudière Serpollet est constituée par un seul tube en cuivre rouge de 90 *mm* de diamètre et de 2 *m* de longueur, à parois très épaisses, qui a été écrasé de telle sorte que le vide intérieur a été réduit à une fente capillaire d'un demi-millimètre d'épaisseur seulement. Ce tube, ainsi aplati, est contourné en spirale et se termine à chaque extrémité par une tubulure. Par l'une, l'eau est injectée, et par l'autre sort la vapeur absolument sèche et surchauffée qui vient de se former instantanément. C'est donc en réglant le jeu de la pompe d'injection que l'on règle la marche de la chaudière, et conséquemment, de la machine qu'elle alimente.

Un tube de 34 *kg* constitue une chaudière d'un cheval. Souvent l'inventeur place deux tubes à la suite l'un de l'autre pour augmenter un peu la puissance ; mais jusqu'ici, il n'est pas parvenu à les conjuguer pour les faire agir, non plus en tension, mais en quantité.

C'est la seule chaudière connue qui soit absolument inexplosible, car elle ne contient pas un poids d'eau appréciable ; par contre, son volant de chaleur est bien faible, car il ne réside que dans le métal de la chaudière elle-même, dont le poids a été augmenté en donnant aux parois des épaisseurs de 12 à 15 *mm* ; pour augmenter un peu la surface de chauffe, le tube a été aplati en ménageant à sa surface des surépaisseurs formant ailettes.

Le cuivre a été adopté après qu'on a reconnu que des tubes en fer s'oxydaient et se bouchaient à l'intérieur dans le travail à chaud que l'on fait subir au tube pour l'aplatir.

L'avantage de ce système se comprend pour des générateurs d'un ou deux chevaux placés dans des conditions spéciales (tricycles, chaloupes, moteurs domestiques, etc.), mais est-il économique ? Assure-t-il une marche régulière facile ? N'oublions pas que son volant de chaleur réside dans un métal qui vaut 3 000 *f* la tonne, tandis que dans les autres chaudières, il réside dans de l'eau qui vaut 30 centimes au maximum.

J'ai rempli la tâche que j'avais acceptée et qui consistait principalement dans la description des chaudières exposées. Je cède la parole à mes deux collègues qui ont bien voulu se charger de les comparer et de les apprécier.

II

SÉCURITÉ

PAR

M. Ch. COMPÈRE

Notre Vice-Président, M. Périssé, a bien voulu me prier d'compléter sa très intéressante étude descriptive sur les chaudières à l'Exposition universelle de 1889 en mettant en relief les progrès réalisés au point de vue de la sécurité publique.

Ce sujet serait très vaste et je me bornerai à vous en présenter les lignes générales, en ce qui concerne les générateurs multitubulaires, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, la construction de chaudières et l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Progrès réalisés par l'emploi des chaudières multitubulaires

Tout d'abord, il est un fait capital qui a pu frapper les visiteurs de l'Exposition : c'est l'extension des générateurs à petits éléments, dits multitubulaires.

Cette extension est certainement très justifiée par les avantages que présentent ces générateurs, avantages que M. Olry, Ingénieur en chef de mines, a fait ressortir très complètement dans le remarquable travail qu'il a présenté l'an dernier au Congrès international de mécanique appliquée.

Ces principaux avantages, que je ne ferai que rappeler, sont :

— Possibilité d'obtenir de la vapeur à haute pression sans augmenter les épaisseurs, résultant de l'emploi de tubes bouilleurs de petit diamètre (de 0,07 à 0,12 *m*), pour lesquels d'ailleurs la fatigue du métal est beaucoup moindre que dans les chaudières ordinaires, étant données les épaisseurs pratiques des tôles et des tubes.

— Possibilité, par cet emploi de tubes, de restreindre considérablement le volume et par suite le poids et l'encombrement de l'appareil, à surface de chauffe égale.

— Grande surface de chauffe offerte au rayonnement direct du

foyer; d'où une meilleure utilisation de la chaleur, variable d'ailleurs avec les dispositifs adoptés pour assurer le contact des gaz avec la surface extérieure des tubes.

— Division en pièces peu pesantes et de dimensions restreintes et facilement démontables; d'où grande commodité pour les transports et le montage, et possibilité d'introduire des chaudières dans des emplacements d'un accès difficile.

— Facilité et rapidité des réparations, les tubes et leurs éléments étant interchangeables.

— Liberté des dilatations, variable avec les divers types.

— Rapidité de mise en pression.

Par contre, la diminution du volume d'eau emmagasinée rend plus difficile le maintien du niveau et de la pression.

Les générateurs multitubulaires répondent d'ailleurs à des besoins nouveaux de l'industrie que l'Exposition de 1889 a fait ressortir nettement et qui réclament de grandes forces à l'intérieur des villes, dans les maisons habitées même et dans des lieux fréquentés par un public nombreux; je veux surtout parler de l'éclairage électrique.

L'installation de telles forces n'était possible qu'à la condition expresse de présenter toute sécurité aux personnes se trouvant dans leur voisinage; les magasins, les théâtres, les hôtels, etc., sont des exemples frappants de ce nouveau programme de l'industrie, lequel peut se résumer ainsi : beaucoup de surface de chauffe, faible encombrement, et la matière explosive des chaudières étant l'eau chaude, peu d'eau.

Ce programme est bien réalisé par les générateurs multitubulaires.

La sécurité que procure l'emploi de ces générateurs résulte d'ailleurs, ainsi que l'ont fait remarquer M. Olry et M. Périssé, non-seulement de leur faible capacité, mais encore et surtout de la répartition de l'eau et de la vapeur dans un grand nombre de tubes qui ne communiquent entre eux que par des raccords à section étroite. Cela étant, si une rupture vient à se produire, la difficulté de communication des diverses parties du générateur entre elles, en ralentissant considérablement l'écoulement du mélange fluide, enlève au phénomène l'instantanéité qui le rend si redoutable. Il n'y a plus d'explosion proprement dite, plus d'effets destructeurs, plus de ces effrayantes catastrophes qui répandent au loin la mort et la ruine.

Au point de vue de la sécurité ainsi obtenue, les chaudières à petits éléments doivent être divisées en deux classes :

La première classe comprend les chaudières qui ne comportent que des tubes, tels que les générateurs Belleville ; ce sont évidemment celles qui font courir le moins de danger au voisinage, en raison même de leur très faible volume d'eau emmagasinée qui n'occupe qu'une fraction du faisceau tubulaire ; mais ce très petit volume d'eau rendrait très difficile le maintien de la pression et du niveau, si ces chaudières n'étaient munies de régulateurs automatiques d'alimentation et de pression, dont une longue pratique a montré l'efficacité.

Dans la seconde classe, qui comprend la plupart des types multitubulaires, le faisceau tubulaire est entièrement rempli d'eau, et le niveau est remonté dans un réservoir supérieur d'une capacité plus ou moins grande ; de cette façon, la conduite du générateur est plus facile, la pression y est plus régulière, le niveau est plus stable et l'alimentation peut être intermittente ; mais, d'autre part, les dangers consécutifs d'explosions sont, en principe, moins complètement évités ; car, si la rupture d'un tube conserve à l'accident son caractère d'un écoulement d'eau progressif, celle des réservoirs supérieurs peut entraîner, si elle se produit brusquement, en large section, des effets dynamiques que les chaudières multitubulaires ont précisément pour but d'éviter.

L'extension des chaudières multitubulaires était du reste possible par l'application même des règlements administratifs, lesquels se plaçant au seul point de vue de la sécurité, divisent les chaudières en trois catégories, en assignant à chacune d'elles des conditions d'emplacement particulières ; cette classification est basée, d'après le décret du 30 avril 1880, qui réglemente actuellement les appareils à vapeur, sur le produit de la multiplication du nombre exprimant en mètres cubes la capacité totale de la chaudière par le nombre exprimant, en degrés centigrades, l'excès de la température de l'eau correspondant à la pression indiquée par le timbre réglementaire sur la température de 100 degrés, ce dernier nombre représentant la quantité de chaleur dangereuse accumulée dans la chaudière. Les chaudières sont de la première catégorie quand ce produit est plus grand que 200° ; de la deuxième, quand le produit n'excède pas 200, mais surpasse 50 ; de la troisième, si le produit n'excède pas 50.

La capacité plus faible des chaudières multitubulaires permettait donc, à catégorie égale, d'obtenir une plus grande surface de chauffe et par suite une plus grande force qu'avec les chaudières ordinaires.

Mais l'application stricte des règlements restait encore insuffisante pour répondre aux besoins de plus en plus grands de l'industrie ; les rédacteurs du décret ne voulant pas alors arrêter des progrès réalisés si rapidement, surtout par l'éclairage électrique, ont introduit, par l'article 35, la possibilité au ministre d'accorder dispense des conditions d'emplacement pour les générateurs multitubulaires, en raison de la sécurité qu'il assurent à leur voisinage; une circulaire ministérielle du 14 avril 1888 est venue réglementer les conditions à exiger pour l'octroi de ces dispenses.

Il faut noter ici que, dans ces dispenses, l'Administration n'a pas cru devoir, malgré tout, déroger à l'esprit du décret, au point de vue de la sécurité des locaux voisins; c'est ainsi qu'elle a décidé de n'étudier les demandes de dispenses d'emplacement des générateurs multitubulaires qu'autant que leurs gros éléments, les seuls pouvant faire explosion, à proprement parler, resteraient pour chaque générateur en troisième catégorie, laquelle comporte, aux termes du décret, des chaudières pouvant être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison d'habitation.

Dans le même ordre d'idées, la circulaire précitée demande qu'il soit réservé une distance minimum de 0,50 *m* entre les murs du massif du fourneau et les murs des maisons d'habitation voisines, comme pour les chaudières de troisième catégorie.

Quant aux petits éléments, tubes, collecteurs, etc., définis par une section transversale inférieure à 1 dm^2, comme leurs déchirures n'entraîneraient, ainsi qu'il a été dit plus haut, qu'un écoulement progressif d'eau et de vapeur, ladite circulaire a admis que leur capacité totale les classe en deuxième catégorie.

En résumé, par ce nouvel état de choses, il est maintenant possible de monter à l'intérieur des villes, comme Paris, des surfaces de chauffe considérables en générateurs multitubulaires, tout en assurant la sécurité publique.

Si, au point de vue des risques du voisinage, les chaudières multitubulaires peuvent ainsi, dans une certaine mesure, justifier l'appellation d'*inexplosibles* qui leur est donnée souvent, il m'a paru intéressant de chercher d'après les faits acquis, s'il en était de même pour le personnel chargé de leur conduite, lequel est exposé directement aux accidents possibles, alors que ces accidents peuvent rester ignorés du voisinage.

Les statistiques officielles pourraient seules donner des indications à ce sujet; elles sont relatées chaque année dans le *Journal*

Officiel; mais en les consultant, on arrive à constater qu'elles doivent être forcément incomplètes, surtout en ce qui concerne les chaudières multitubulaires.

En effet, ces statistiques comprennent aussi les accidents n'ayant occasionné ni morts ni blessures, et cela conformément d'ailleurs au paragraphe 2 de l'article 38 du décret de 1880 ainsi conçu :

« En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessure, l'Ingénieur des Mines seul est prévenu ; il rédige un rapport qu'il envoie par l'intermédiaire et avec l'avis de l'Ingénieur en chef au préfet. »

Je ne crois pas trop m'avancer en disant que les industriels, ignorant ou non cette prescription, négligent trop souvent de prévenir l'Ingénieur des Mines de ces cas d'accidents, et cela surtout pour les générateurs multitubulaires dont les réparations, après ruptures de tubes par exemple, sont extrêmement faciles et peuvent rester sans contrôle, et pour lesquels d'ailleurs, le mot « accident » compris administrativement, n'est pas encore bien défini.

Cette réserve faite, la proportion officielle des accidents arrivés dans l'emploi des chaudières à petits éléments a été donnée dans le travail de M. Olry ; les morts et les blessures qui y sont consignées n'ont frappé que les préposés à la conduite des appareils.

De 1870 à 1875 (6 ans), il ne s'est pas produit un seul accident.

De 1876 à 1888 (13 ans), leur nombre a été de quatorze, dont deux en 1886, cinq en 1887, et un en 1888; ils ont occasionné la mort de huit ouvriers et des blessures à quatorze autres, soit en tout vingt-deux victimes.

Aucun de ces accidents n'a produit d'effets dynamiques appréciables; sous ce rapport, le but poursuivi a été atteint.

Les chiffres des dernières années permettront de compter annuellement, en moyenne, sur trois ou quatre accidents de générateurs multitubulaires, ce qui représente à peu près le 1/7 du total des explosions connues de chaudières, dont la moyenne, de 1876 à 1888, a été de vingt-six par an. Or, il existait en France et en Algérie, à la fin de 1887, en dehors de la marine militaire, 81 506 chaudières en activité.

Pour que la proportion des accidents ne fût pas plus forte pour les générateurs à petits éléments que pour les autres chaudières, il faudrait que leur nombre fût de 11 644; comme il est très inférieur à ce chiffre, et qu'il n'en atteint même pas le tiers, on est amené à conclure que *ces chaudières sont plus sujettes que d'autres aux accidents.* En d'autres termes, la moindre importance indivi-

duelle de leurs accidents serait compensée, dans une certaine mesure, par une fréquence plus grande.

Ces conclusions, que les faits réels viennent encore renforcer, ne sont pas sans laisser une certaine inquiétude dans l'esprit, d'autant plus qu'en matière d'accidents, le hasard joue un grand rôle ; ainsi, la rupture d'un tube, accident le plus fréquent dans les chaudières multitubulaires peut n'avoir aucune suite, comme il peut entrainer brûlures et morts si le chauffeur reçoit le jet de vapeur ou l'aspire, si la vapeur lance le charbon dans la chaufferie, etc.; en d'autres termes, pour employer un mot à l'ordre du jour, le risque professionnel des conducteurs de générateurs multitubulaires est de beaucoup augmenté.

Pour tirer des accidents survenus dans l'emploi des chaudières multitubulaires un enseignement utile, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails.

Relativement à leurs causes, ces accidents se répartissent de la manière suivante :

NATURE DES CAUSES		NOMBRE D'ACCIDENTS	NOMBRE DE VICTIMES	
			TUÉS	BLESSÉS
Coups de feu	par défaut d'alimentation	1	»	1
	— suivi d'alimentation intempestive	1	2	»
	par abaissement excessif du niveau, résultant d'un fonctionnement défectueux des appareils d'alimentation, et non indiqué, par suite d'un vice de construction des appareils de niveau	1	»	1
	par obstruction provenant de dépôts incrustants	2	»	»
Chauffage trop énergique	Rupture d'un tube du bas présentant un défaut de soudure	1	1	»
	Rupture d'un tube surchauffeur	1	»	1
Vice de construction provenant d'un principe défectueux (rupture de tube dans une section affaiblie par la construction)		2	1	2
Épaisseur insuffisante de tubes sécheurs, par suite de corrosion, d'usure, etc			3	3
Rupture d'attaches de bouchons non autoclaves		2	1	6
ENSEMBLE		14	8	14

Les conclusions qu'on peut tirer de ce tableau, pour la marche des chaudières multitubulaires, sont les suivantes :

Nettoyer fréquemment et complètement toutes les parties constitutives des chaudières ;

Se préoccuper, dans l'étude d'un type donné, des facilités de nettoyages ;

Vérifier souvent la marche des appareils d'alimentation, pompes, petits chevaux, injecteurs, etc. ;

La circulaire ministérielle du 14 avril 1888 prescrit à ce sujet deux appareils d'alimentation distincts, dont un au moins indépendant des machines motrices ;

Surveiller attentivement la conduite du feu.

Au point de vue de la construction, ce tableau montre aussi que :

Les tubes sécheurs, quand ils ne sont pas rafraîchis par une circulation rationnelle et qu'ils sont exposés à un chauffage trop fort, doivent avoir une épaisseur plus grande, en prévision des corrosions possibles et de l'usure par oxydation ;

Les bouchons autoclaves sont préférables aux bouchons non autoclaves ; leur étanchéité augmente avec la pression. Les bouchons non autoclaves ont l'inconvénient de pouvoir être projetés avec force, en cas de rupture de l'attache ;

Les détails très variés des nombreux types de chaudières multitubulaires déjà offerts à l'industrie doivent être étudiés avec grand soin, au point de vue de leur résistance.

Je dois faire remarquer, en outre, que quatre des accidents précités n'auraient eu que des suites insignifiantes et n'auraient pas atteint le personnel, si les portes des boîtes à tubes n'étaient ou n'avaient pas été imprudemment ouvertes lors des accidents, et si elles avaient été, ainsi que les portes des foyers, solidement loquetées (dans le coup de feu par abaissement excessif de niveau, la porte de la boîte à tubes dont le loqueteau était en mauvais état et celle du foyer, qui n'avait aucun moyen de fermeture, se sont ouvertes brusquement).

Cette simple précaution aurait diminué de quatre le nombre des morts et de six celui des blessés ; aussi, la circulaire ministérielle du 14 avril 1888 a-t-elle spécifié la prescription suivante : « Les portes des boîtes à tubes seront tenues fermées pendant le travail ; celles du foyer le seront habituellement ; le système de fermeture présentera des garanties de solidité. »

Dans le même ordre d'idées, il faut bien se garder de serrer les bouchons des tubes en marche, en cas de fuites ; s'ils venaient à

se rompre, les portes des boîtes à tubes étant ouvertes, le personnel serait directement atteint; c'est ce qui est arrivé dans deux des quatre cas cités plus haut où il y a eu deux tués et cinq blessés.

La statistique permet enfin de constater que sur les quatorze accidents relatés plus haut, cinq ont eu lieu dans des bateaux, et six à Paris, c'est-à-dire dans des emplacements disponibles très restreints qui, tout en justifiant l'adoption du type multitubulaire, ne permettaient pas d'avoir des chaufferies assez grandes et assez bien disposées pour éviter aux ouvriers les conséquences dangereuses des accidents; la prescription contenue dans la circulaire ministérielle du 14 avril 1888, à savoir que « la chambre de chauffe aura une largeur suffisante et des moyens de retraite facile seront assurés aux chauffeurs et mécaniciens », doit être étendue à toutes les installations de chaudières multitubulaires.

Outre ces conclusions, tirées du triste enseignement des accidents déjà connus, l'expérience acquise dans l'emploi des chaudières multitubulaires fournit encore, au point de vue de la sécurité, des remarques fort utiles, telles que les suivantes :

L'épuration préalable des eaux d'alimentation, moyen beaucoup plus rationnel de lutter contre les incrustations et leurs conséquences, est surtout indiquée avec les chaudières multitubulaires, dont les petites sections peuvent s'obstruer plus rapidement.

L'emploi de la fonte ordinaire dans toutes les parties soumises à des températures élevées et brusquement variables doit être absolument proscrit.

Les chevilles en métal fusible, dont sont pourvues les chaudières Belleville, sont d'une excellente application ; leur fusion provient de l'abaissement de l'eau ou de l'obstruction d'un élément avant qu'une avarie soit possible.

Il faut aussi s'attacher à ce que les parties exposées à l'action de la chaleur puissent, autant que possible, se dilater librement dans tous les sens, afin que les écarts de température, dans les diverses régions de l'appareil, n'occasionnent pas des dislocations, des fuites ou des ruptures ; ces effets sont à redouter, dans les chaudières multitubulaires, comme dans les chaudières ordinaires, surtout dans celles où la circulation est peu active, et où les tubes sont longs et assemblés aux deux bouts à des pièces très rigides, telles que des caisses en tôle, ou même des collecteurs en fonte ou en fer.

La rapidité de circulation dans les tubes est aussi d'une grande

importance ; elle favorise la prompte absorption de la chaleur et permet de bien utiliser la conductibilité du métal.

La circulation est parfaitement assurée dans la chaudière Belleville, où l'élément forme serpentin, et dans laquelle une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager ; mais ce système de circulation peut donner lieu à la formation de chambres de vapeur, occasionnant des coups de feu, si le feu est trop intense et si la chaudière est trop forcée ; l'expérience montre qu'il ne faut pas, dans les chaudières Belleville, dépasser une production de vapeur par heure de 18 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, pour rester dans de bonnes conditions.

Dans les autres types de chaudières multitubulaires où la surface libre du liquide se trouve dans le réservoir supérieur et où la vapeur est dirigée vers ce réservoir à la sortie de chaque tube sans parcourir les autres, la circulation n'est plus aidée autant par le dégagement de la vapeur, lequel d'ailleurs est plus ou moins assuré suivant les types ; les systèmes sont alors combinés de façon que, dans le circuit complet constitué par le réservoir supérieur, le faisceau tubulaire et les collecteurs qui les réunissent, l'action de la chaleur entraîne nécessairement un mouvement général de circulation du liquide dans un sens déterminé ; l'inclinaison des tubes aide aussi la circulation.

Dans cette seconde classe de chaudières, la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe ne doit pas dépasser 12 à 15 *kg* par heure ; ces chiffres n'ont pas été dépassés dans les essais, à ma connaissance, faits en marche normale.

C'est à l'insuffisance de circulation qu'il faut surtout attribuer l'usure rapide de tubes surchauffeurs dont la rupture a entraîné, dans trois accidents, trois morts et trois blessés ; ces tubes appartiennent à un type de chaudière sans réservoir de vapeur et constituée par deux lames d'eau parallélépipédiques à l'avant et à l'arrière, reliés par un faisceau tubulaire, lequel ne contient de l'eau que sur les 2/3 environ de sa hauteur ; les tubes supérieurs, non intéressés à la circulation, et chauffés par des gaz encore trop chauds, s'oxydent très rapidement.

Il me reste maintenant à comparer les accidents des chaudières multitubulaires avec ceux des chaudières à grand volume d'eau.

Tout d'abord, la proportion de coups de feu par défaut d'alimentation total ou partiel et par obstruction, soit 5 accidents sur 14, ou 36 0/0, est plus forte que celles des chaudières ordinaires,

pour lesquelles la statistique ne donne, de 1876 à 1888, qu'une proportion de 31 0/0, cette proportion n'ayant d'ailleurs depassé celle des chaudières multitubulaires qu'une seule année, en 1877. Ce fait s'explique assez facilement, en raison de la réduction du volume de l'eau contenue dans les générateurs à petits éléments.

Au point de vue de leurs conséquences, les 14 accidents survenus à des chaudières multitubulaires dans la période de 1876 à 1888 ont entraîné 22 victimes, dont 8 morts, chiffres inférieurs à ceux des autres chaudières dans la même période, lesquelles ont donné, par 100 accidents, 211 victimes, dont 105 morts, soit à peu près 1 tué et 1 blessé par accident. Ces conséquences moindres s'expliquent par l'absence d'effets dynamiques et par l'écoulement progressif d'un volume d'eau beaucoup plus faible.

A ce point de vue, il y a lieu de remarquer que si, théoriquement, l'addition de grands réservoirs partiellement remplis d'eau est contraire au principe même des chaudières à petits éléments, pratiquement la rupture de ces réservoirs est peu probable, car ils ne sont généralement pas soumis aux détériorations habituelles des chaudières; sous ce rapport, il faut relever comme défectueuse la disposition qui consiste à faire lécher par le gaz la partie inférieure de ces réservoirs, car elle augmente leurs chances d'avaries.

Telles sont les diverses remarques qu'entraîne, au point de vue de la sécurité, l'extension des chaudières multitubulaires; l'expérience peu à peu viendra compléter et peut-être modifier ces conclusions. Malheureusement, la statistique des accidents de 1889, non encore publiée, ne fera tout d'abord que les accentuer; ainsi, celle du département de la Seine, la plus intéressante d'ailleurs, eu égard au développement que les chaudières multitubulaires peuvent prendre dans Paris, comporte à elle seule, sur 8 accidents, 5 survenus dans des générateurs à petits éléments et ayant fait 3 victimes (2 tués et 1 blessé); les 3 autres accidents ont été produits par deux récipients (1 tué) et par une chaudière à grand volume, dont le coup de feu s'est ouvert par manque d'eau sans aucun effet dynamique.

Ces 5 accidents ont eu chacun pour cause : un manque d'eau suivi d'alimentation intempestive, une fausse manœuvre dans la vidange (1 blessé), une obstruction d'un tube par des dépôts boueux (1 tué), deux obstructions provenant de l'emploi de désincrustants solides et volumineux, écorce de chêne (1 tué), et pommes de terre.

Ces accidents confirment donc nos conclusions précédentes; ils montrent les obstructions de tubes comme une de leurs causes les plus fréquentes ; ils montrent aussi qu'il faut proscrire, d'une façon absolue, l'usage de désincrustants solides et volumineux.

En résumé, d'après les faits constatés jusqu'ici, les chaudières multitubulaires ont produit proportionnellement, depuis leur introduction dans l'industrie, plus d'accidents que les autres chaudières ; ces accidents n'ont jamais entraîné d'effets dynamiques ayant le caractère d'explosion ; ils ont frappé individuellement moins de victimes ; ces victimes n'ont toujours été que des préposés à la conduite des appareils.

L'expérience acquise montre que, pour diminuer à l'avenir le nombre des accidents, il faudra surtout observer les précautions suivantes :

La résistance du type de chaudière adopté devra être bien assurée ; de même pour la circulation ;

Les appareils de sûreté réglementaires et ceux particuliers aux générateurs devront être constamment en bon état et en fonctionnement permanent ; de même pour les appareils d'alimentation;

Les nettoyages devront être faits fréquemment et dans toutes les parties des appareils ;

Les portes des boîtes à tubes et du foyer seront tenues fermées et bien loquetées ;

Les chambres de chauffe auront une largeur suffisante, et des moyens de retraite facile seront assurés aux chauffeurs et mécaniciens ;

Les feux ne devront pas être trop forcés ;

L'usage des désincrustants solides et volumineux devra être proscrit d'une façon absolue ;

Les préposés à la conduite des appareils devront présenter une plus grande instruction professionnelle.

Associations de propriétaires d'appareils a vapeur.

Au point de vue de la sécurité, l'Exposition a également mis en relief les progrès réalisés par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, qui ont exposé collectivement, et plus complètement encore qu'en 1878, des défauts de chaudières et des pièces provenant d'accidents et d'explosions.

Ces défauts, trouvés par les agents des Associations au cours des visites intérieures qu'ils font journellement aux chaudières, cons-

tituaient un terrible enseignement qui en disait plus que tous les traités possibles ; vus et réparés ainsi à temps, ils ne restaient plus des causes d'accidents. De telles visites doivent donc rassurer pleinement l'industrie, quand elle emploie des chaudières à grand volume d'eau, et qu'elle reste ainsi sous le coup des explosions.

Les maladies des chaudières avaient déjà été présentées et classées méthodiquement par M. Cornut, Ingénieur en chef de l'Association du Nord, dans son remarquable catalogue de l'Exposition de 1878 ; ce travail a été continué par le catalogue de l'Exposition de 1889 ; ces ouvrages renferment des dessins fort intéressants qui montrent très nettement la détérioration des appareils à vapeur. Dans une note que j'ai présentée l'an dernier au Congrès des Accidents du travail, sur les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, j'ai fait ressortir ces principaux défauts; je me bornerai à vous en donner la nomenclature :

Pailles et tôles pailleuses se dédoublant sous l'action du feu et dont la partie extérieure, non rafraîchie par l'eau, se surchauffe et se fendille ;

Fentes aux rivures, en pleine tôle, à la courbure des pièces embouties et aux fers d'angle, provenant de dilatations inégales, de surchauffes, et flexions alternatives, etc. ;

Corrosions extérieures, atteignant indifféremment toutes les parties des chaudières, visibles ou invisibles, produites par des fuites aux clouures, par l'humidité du sol et par les produits de la combustion ;

Corrosions intérieures, par pustules ou par surfaces plus grandes produites par des eaux acides, l'air dissous dans l'eau, etc. ;

Bosses provenant de surchauffes produites surtout par des dépôts incrustants, etc. ;

Sans entrer dans les détails complets du fonctionnement des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, je crois devoir rappeler que ces Associations, ainsi que leur nom l'indique, sont des groupements, par régions, d'industriels qui, moyennant une cotisation annuelle, proportionnée au nombre de leurs chaudières, entretiennent un personnel d'ingénieurs spéciaux et d'inspecteurs, dont le devoir est de surveiller les appareils des associés et de tenir ceux-ci au courant de tout ce qui intéresse la production et l'emploi de la vapeur.

Ces associations sont en France au nombre de onze; il en existe également en Europe.

Le tableau suivant fait connaître les renseignements essentiels aux onze Associations françaises, au 1er mai 1889.

DÉSIGNATION DES ASSOCIATIONS	DATE DE LA FONDATION	NOMBRE DE MEMBRES	NOMBRE DE CHAUDIÈRES
Association du Nord de la France, à Lille . . .	1873	750	3 021
— alsacienne, à Mulhouse	1867	668	2 729
— lyonnaise, à Lyon	1876	420	1 512
— parisienne, à Paris	1874	391	1 105
— de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, à Amiens	1874	305	1 075
— normande, à Rouen	1874	222	710
— de l'Ouest, à Nantes	1878	215	613
— du Sud-Est, à Marseille	1885	80	511
— du Nord-Est, à Reims	1881	153	510
— du Sud-Ouest, à Bordeaux	1879	102	340
— méridionale, à Montpellier	1885	76	146

L'Association du Nord de la France a été reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du 11 novembre 1879; celle de Lyon l'a été également par décret du 3 mai 1886, et celle de Paris, par décret du 18 juin 1888.

Pour atteindre leur but de sécurité, les Associations garantissent à leurs membres, à titre de service ordinaire, des inspections faites périodiquement aux appareils à vapeur, et qui sont de deux sortes : les visites extérieures, en marche, et les visites intérieures, après arrêt et nettoyage.

Tout le monde reconnaît aujourd'hui que de pareilles visites, souvent répétées, sont indispensables pour qu'on puisse avoir quelque garantie dans l'emploi d'un appareil à vapeur.

Mais pour que ces visites puissent donner tout le résultat qu'on peut en attendre, il faut qu'elles soient faites dans des conditions que les Associations ont précisément pour but de réaliser.

Dans la visite extérieure, qui doit être faite à l'improviste, les ingénieurs ou inspecteurs vérifient, pendant que les chaudières sont en marche, l'existence, l'état et l'entretien des appareils de sûreté, ainsi que l'état et l'entretien des parties visibles de la chaudière, notamment en ce qui concerne les fuites.

Ils surveillent attentivement la tenue et le travail des chauffeurs; ils leur donnent des conseils, et leur montrent rapidement

comment doivent se faire les différentes manœuvres de chargement et de nettoyage des feux.

Si les visites extérieures sont utiles, les visites intérieures complètes sont absolument indispensables, et elles constituent la partie la plus importante du service des Associations; c'est grâce à elles, en effet, que la sécurité est véritablement assurée aux propriétaires d'appareils à vapeur.

Ces visites sont faites, au moins une fois par an, sur la demande des industriels, quand leurs générateurs sont arrêtés et complètement nettoyés; elles consistent en une inspection minutieuse de toutes les parties de la chaudière, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, faite par des hommes rompus à ce genre de travail.

Elles permettent donc de découvrir tous les défauts que peuvent présenter les tôles et rivures, et d'avertir le propriétaire avant que ces défauts aient acquis un caractère de gravité suffisant pour qu'un danger soit imminent.

Ces visites sont consignées sur un rapport qui indique l'état de la chaudière, les réparations à faire, s'il y a lieu, ou la constatation de son bon fonctionnement.

Cette constatation peut être la sauvegarde de l'industriel, en cas d'accident; elle a, certainement, devant la justice, un poids propre à atténuer d'une façon sérieuse la responsabilité des patrons, car l'industriel dont les générateurs de vapeur sont soumis à la surveillance d'une Association autorisée, est présumé avoir pris les précautions de sécurité nécessaires, et sa responsabilité légale au point de vue correctionnel s'en trouve diminuée d'autant.

Peut-être quelques propriétaires d'appareils à vapeur diront-ils qu'après tout, les explosions sont rares : rares, oui sans doute, si l'on consent à appeler rares des accidents dont la moyenne annuelle représente, pour la France, 30 à 40 morts et autant de blessés; mais, quand on constate d'après les causes des accidents, relevées officiellement, que la moitié environ de ces accidents aurait pu être évitée par des visites intérieures faites régulièrement et avec toute la compétence voulue, il faut reconnaître que les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, dont le principal service est précisément de faire ces visites, constituent un réel progrès dans l'œuvre de la sécurité publique.

D'ailleurs, sous le côté industriel, les visites des Associations sont le seul moyen d'assurer le fonctionnement régulier et l'entretien rationnel des chaudières, car un défaut étant trouvé à sa naissance, on pourra en rechercher les causes et les arrêter sans

attendre qu'il ait pris des proportions entraînant une réparation importante qui peut créer un chômage au moment inopportun.

Sous ce dernier côté, il est utile de faire ressortir que la sécurité dont jouissent les membres des Associations n'est pas achetée au prix de nombreuses réparations; les causes des détériorations sont comme des maladies que des soins appropriés préviennent ou guérissent, et, par suite, une surveillance convenable rend les réparations inutiles, par le fait que les détériorations ne se produisent pas.

Les résultats obtenus par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont vivement frappé l'Administration, qui a reconnu combien les visites intérieures, telles qu'elles sont faites par les agents des Associations, pouvaient lui venir en aide dans l'œuvre de la sécurité publique; aussi s'est-elle décidée à encourager ces institutions et à leur demander leur concours.

Tout d'abord, prenant acte de la possibilité dans laquelle se trouvaient les industriels de faire visiter intérieurement leurs chaudières à vapeur, l'administration ne s'est pas bornée à faire de ces visites une simple recommandation, mais bien une *obligation*, comme il est dit en l'article 36 du décret de 1880 (1).

Cette obligation est rigoureusement exécutoire, au même titre que tous les autres articles du décret, et il y a contravention si les visites ne sont pas effectuées et avec une fréquence suffisante.

De plus, comme l'Administration ne possède, pour s'assurer de de l'état d'une chaudière, que le recours à l'épreuve dans les cas prévus par l'article 3 du décret, à savoir : nouvelle installation d'une chaudière ayant déjà servi, réparation notable, remise en service après chômage prolongé, suspicion de la solidité de l'appareil, et comme l'épreuve ne suffit pas, ainsi qu'il est dit en la circulaire ministérielle du 21 juillet 1880, pour donner toute garantie, et que rien ne peut suppléer aux visites complètes des tôles et de leurs assemblages, à l'intérieur et à l'extérieur, l'Administration a introduit dans cet article 3 l'autorisation de ne pas procéder au renouvellement de l'épreuve, lorsque les résultats de la visite intérieure établissent d'une manière positive que l'appareil est en bon état.

(1) Ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service.

A cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochés pour constater l'état des appareils et assurer l'exécution, en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires.

Enfin, comme cet article 3 prescrit qu'en aucun cas, l'intervalle entre deux épreuves consécutives n'est supérieur à dix années, et comme aussi, d'après l'article 4, toutes les parties de la chaudière doivent pouvoir être visitées, pendant le maintien de la pression d'épreuve, ce qui entraîne forcément l'enlèvement des enveloppes et la démolition des maçonneries, travail long et coûteux, l'Administration accepte à titre de tolérance, ainsi qu'il est dit en la circulaire ministérielle du 23 août 1887, qu'un agent d'Association parcourt les carreaux pendant l'épreuve et évite ainsi, autant que possible, une démolition complète de la maçonnerie.

Progrès réalisés dans la construction des chaudières

L'Exposition de 1889 a montré aussi les progrès très importants réalisés dans la construction des chaudières par la substitution des tôles d'acier extra-doux aux tôles de fer.

Cette question a été très amplement traitée au sein de la Société, lors de la discussion du mémoire de notre Vice-Président, M. Périssé, sur les accidents aux tôles de coup de feu des chaudières ; je ne m'y arrêterai pas et je me bornerai à vous signaler les conditions suivantes qui doivent donner toute sécurité et que les progrès de la métallurgie et de la construction permettent de réaliser aujourd'hui.

Les tôles d'acier seront livrées au constructeur après avoir subi, chez le fabricant, un recuit total après laminage et cisaillage.

Le bulletin de livraison des tôles portera devant chaque tôle le numéro de la coulée et la composition chimique de la coulée.

Toutes les tôles sans exception seront commandées par le constructeur 10 *cm* plus longues sur le travers, de manière qu'on puisse prélever au moins sur chaque tôle deux éprouvettes de traction et une éprouvette pour le pliage après trempe.

Aux essais à la traction, chaque tôle d'acier devra remplir les conditions suivantes :

Essais sur les tôles au naturel après recuit chez le fabricant :

1° Résistance à la rupture maxima : 40 *kg* par millimètre carré ;

2° Allongement 0/0 sur 200 *mm* à la rupture minima : 30 0/0.

Essais sur les tôles, les éprouvettes ayant été trempées dans l'eau à 28° après avoir été portées au rouge cerise :

1° Résistance à la rupture maxima : 47 *kg* par millimètre carré,

2° Allongement 0/0 sur 200 *mm* à la rupture minima : 18 0/0.

Les essais de pliage se feront sur des morceaux de tôle de

20 *cm* de longueur et 4 *cm* de largeur; après avoir été trempés comme il est dit ci-dessus, ils devront pouvoir être repliés en deux, bord à bord, sans que sur le dos et les côtés latéraux paraisse aucune crique ou gerçure.

Toute tôle qui ne remplirait pas ces conditions serait refusée.

Pour la construction proprement dite, le constructeur devra, sous sa responsabilité, exécuter les prescriptions suivantes:

Tous les trous de rivets pourront être poinçonnés sur tôle plate à 6 *mm* de moins que le diamètre définitif.

Les tôles seront envirolées et les 6 *mm* restant, enlevés à la mèche américaine, travaillant en une seule fois sur les deux tôles correspondantes.

Tous les trous de rivets sur les communications, sur les bouilleurs et le corps cylindrique seront percés à la mèche; le bédane est absolument prohibé.

Les chauffes partielles, faites sur les tôles du corps cylindrique, pour faire coller les bords des communications sont prohibées.

Toutes les rivures longitudinales et transversales seront à double clouure et en quinconce, sauf les attaches des plaques tubulaires, des communications, du dôme, des têtes de bouilleurs et des piètements Les rivets seront de fer fin de qualité supérieure. Les tôles seront parfaitement chanfreinées et seront mattées en dedans et en dehors. Les trous de rivets des bouchons en fonte des bouilleurs et du dôme seront percés au foret et non venus de fonte.

Les trous d'hommes des bouchons de bouilleurs, du dôme et les portes seront tournés pour que les joints soient parfaits.

Cet ensemble de prescriptions ne peut qu'assurer la solidité et la résistance des appareils à vapeur.

Épuration préalable des eaux d'alimentation.

Je tiens, en terminant, à vous signaler un autre progrès qui a aussi son intérêt: c'est l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Pour supprimer ou tout au moins diminuer les incrustations et les dépôts boueux à l'intérieur des chaudières, il était en effet beaucoup plus rationnel d'y introduire de l'eau exempte de sels calcaires que de chercher par des réactifs ou autres moyens à transformer à l'intérieur même les incrustations en boues, lors

même que ces boues seraient recueillies intérieurement ou extraites au dehors.

Il est vrai que la grande élévation de température que subit l'eau à son entrée dans les chaudières tend à précipiter les carbonates de chaux et que le traitement intérieur serait de ce chef moins cher que le traitement préalable à froid.

Le procédé d'épuration préalable le plus simple est l'emploi de bacs suffisamment grands dans lesquels on ajoute à l'eau les réactifs voulus et où on la laisse ensuite se décanter avant son emploi.

Mais ce procédé est très lent et n'est plus possible quand la quantité d'eau à épurer devient importante ; on peut alors le perfectionner par des filtres ; mais ceux-ci demandent à être bien surveillés pour en assurer en temps le renouvellement.

C'est alors qu'on a imaginé les appareils devant marcher constamment ; ces appareils se composent, en principe, de cuves spéciales dans lesquelles on prépare la dissolution de réactifs voulus, soit manuellement, soit automatiquement, puis d'un appareil de décantation dont les dispositions sont très variées.

L'eau à épurer et la dissolution de réactifs arrivent dans l'épurateur proprement dit en proportion déterminée ; la précipitation des sels calcaires se produit et leur séparation est réalisée dans l'appareil de décantation.

Les appareils d'épuration préalable, une fois mis au point, demandent néanmoins une surveillance continue ; le réglage des arrivées d'eau et de réactifs doit toujours être vérifié ; enfin, ces appareils ne s'appliquent guère pour les petites installations.

L'épuration préalable continue était représentée jusqu'ici par l'appareil Gaillet et Huet ; l'Exposition a montré aussi les appareils Howatson, Dervaux, Desrumeaux.

Telles sont les lignes générales sur lesquelles j'ai cru devoir appeler votre attention en ce qui concerne les derniers progrès réalisés dans l'application des chaudières à vapeur.

III

FOYERS ET UTILISATION DES COMBUSTIBLES

PAR

M. P. REGNARD

Nous nous proposons de suivre dans cette étude l'ordre adopté par notre éminent collègue M. Périssé, dont vous venez d'entendre l'important travail, et, laissant de côté les chaudières de locomotives et de locomobiles, nous nous occuperons seulement des chaudières fixes, en décrivant les particularités relatives aux foyers pour les cinq catégories suivantes :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires.
2° Chaudières à foyer intérieur.
3° Chaudières tubulaires proprement dites.
4° Chaudières à gros bouilleurs.
5° Chaudières diverses.

Diverses causes, entre autres la tendance générale vers l'augmentation de la pression de la vapeur, conséquence logique du fonctionnement compound, nous semblent avoir eu pour résultat un développement très notable des chaudières de la première catégorie, des multitubulaires, représentées par un nombre relativement considérable de types à l'Exposition.

Nous avions été frappé, dès 1876, lors de notre voyage en Amérique, de la fréquence de leur emploi dans ce pays, où on ne craignait pas d'employer la fonte à la construction de leurs éléments tubulaires, affectant quelquefois une apparence de chapelet par

l'accolement d'une série de renflements sphériques, et nous inclinons à penser que ce type de chaudières ira se généralisant de plus en plus, avec tubes en fer, bien entendu.

Le peu d'emplacement qu'elles occupent, pour une surface de chauffe donnée, leur sécurité relative, résultant de la petite dimension de leurs éléments et de leur moindre volume d'eau et de vapeur sont des avantages importants dans bien des cas. Leur volant de chaleur est, par contre, moins considérable que celui des autres chaudières, et notamment des anciens types à bouilleurs, ce qui exige une plus grande attention pour leur conduite.

Il ne semble pas que cette attention ait également porté sur tous les *desiderata* d'un chauffage méthodique et régulier, et nous avons été maintes fois choqué de l'épouvantable fumée vomie par le plus grand nombre des cheminées de l'Exposition, tant sur la berge que du côté de l'École Militaire.

Sous le rapport de la fumivorité, nous croyons pouvoir dire que les progrès ont été nuls ou presque nuls, par rapport à l'Exposition de 1878, et nous ne croyons avoir à faire qu'un bien petit nombre d'exceptions à cette critique générale.

Les combustibles se présentent sous des formes et des qualités bien variées, appelant des dispositions de foyers spéciales.

D'une façon spéciale, nous pourrions envisager les combustibles à l'état solide, liquide, gazeux.

Le privilège d'employer le gaz naturel appartient jusqu'ici presque exclusivement aux États-Unis. Peu développé en 1876 (époque à laquelle il nous a pourtant déjà été donné de voir à Pittsburgh des fours à puddler, à réchauffer et des chaudières chauffant exclusivement au gaz naturel), cet emploi a pris dans ces dernières années une grande importance, bien que l'Exposition ne nous ait rien montré à ce point de vue. C'est, à notre avis, l'idéal que de brûler le combustible gazeux et il nous paraît regrettable de ne pas constater une tendance plus marquée à le faire, avec le gaz artificiel du moins chez nous, à défaut de gaz naturel. Les tentatives déjà anciennes de notre collègue M. Ponsard, qui remontent à plus de quinze ans, celles de notre regretté ancien Président Muller avaient cependant fourni des résultats pleins de promesses, mais, sauf dans les hauts-fourneaux où la source adventive de gaz équivaut presque en richesse et en puissance, pour les forges qui les possèdent, à celle des puits de Pensylvanie, nous ne voyons pas que l'usage du combustible à l'état gazeux se soit beaucoup généralisé.

Le combustible liquide, naphte ou pétrole, est encore réservé à la Russie et aux États-Unis. Son prix chez nous en rendrait l'usage onéreux, malgré ses avantages importants à bien des points de vue, avantages qui en feront peut-être le combustible nécessaire des torpilleurs par exemple, et de la marine à vapeur de plaisance. La Classe 65 renfermait une intéressante chaudière à combustible liquide avec pulvérisateur système d'Allest.

Quant au combustible solide, houille grasse ou maigre, briquettes ou coke, c'est lui que nous trouvons employé partout à l'Exposition, mais toujours ou presque toujours sur des grilles ordinaires, et presque toujours aussi fort mal brûlé, les plus grands progrès nous semblant avoir été faits pour les combustibles les plus pauvres. Du procédé si ingénieux imaginé par Crampton, et consistant à brûler la houille en poussière dans une insufflation d'air, nous ne retrouvons aucune trace, bien qu'il y eût dans cette invention un moyen avantageux, à notre avis, de bien brûler les charbons riches et d'en tirer le maximum d'utilisation, en proportionnant d'une façon presque mathématique la quantité d'air lancée dans le foyer à la quantité de charbon livrée dans le même temps, ce qui donnait à ce procédé quelque ressemblance dans son fonctionnement avec l'emploi du combustible gazeux ou liquide. La complication inséparable de son emploi l'a sans doute empêché de se propager.

Avec le combustible ordinaire, on est sans cesse entre deux inconvénients : ou l'air admis est insuffisant, et la combustion est incomplète et la fumée abondante ; ou l'air est en excès, et on envoie alors dans la cheminée une quantité importante de calories ayant chauffé en pure perte cet air excédant à la température d'évacuation des produits de la combustion. Généralement on jouit de l'alternance des deux inconvénients, et rares sont les chauffeurs assez attentifs pour régler constamment l'arrivée d'air sur le foyer selon les périodes, continuellement changeantes, qui résultent des conditions mêmes du chargement ordinaire. Aussi croyons-nous devoir louer sans réserve les dispositions qui assurent un chargement continu de combustible, comme le système de notre collègue M. Godillot.

Sous le bénéfice de ces observations très sommaires, nous allons passer à la description succincte des foyers de la plupart des chaudières dont vous a entretenus tout à l'heure notre collègue M. Périssé, en suivant l'ordre méthodique adopté par lui, et que j'ai rappelé au début de cette note.

1° Chaudières a petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires.

Chaudières Belleville. — La grille du dernier modèle de ces chaudières, représentées à l'Exposition par de nombreux spécimens, est faite en fer dit à couteau, par barreaux assemblés; le foyer est entouré de briques; sa longueur est très grande, sensiblement égale à la longueur du faisceau tubulaire; la couche de combustible y est entretenue à une épaisseur de 10 à 12 *cm*, et un dispositif spécial est destiné à parer à tout ralentissement dans la production de vapeur. C'est un registre-valve qui est ouvert par un régulateur automatique, activant l'afflux de l'air si la pression vient à diminuer. L'effet en est bon, pourvu que le chauffeur ne laisse manquer sa grille de charbon en aucun point, ce qui nécessite, vu la grande dimension de cette grille, un soin soutenu de la part du chauffeur.

Chaudières de Naeyer. — L'Exposition de 1889 comptait sept générateurs de ce système, savoir : une de 200 chevaux pour le Syndicat de l'Électricité et une batterie de six chaudières représentant ensemble une puissance de 2000 chevaux dans la cour réservée aux chaudières, avenue de Lamotte-Picquet; un générateur destiné à la démonstration, avec la moitié de la maçonnerie figurait en outre à la Section Belge. La grille règne sur toute la largeur du faisceau tubulaire, mais seulement sur la moitié de sa longueur. Pour donner une meilleure utilisation du calorique on avait muni deux générateurs d'un réchauffeur, composé d'un faisceau horizontal de tubes, et situé entre la chaudière proprement dite, dont il n'est qu'une sorte de rallonge, et la cheminée.

Chaudière Babcox et Wilcox. — Une installation de ces chaudières était située dans la classe de la force motrice, une autre sur la berge de la Seine, où elle fournissait la vapeur aux machines qui élevaient l'eau pour le service de l'Exposition.

Comme dans la chaudière de Naeyer, le foyer occupe toute la largeur du faisceau tubulaire, et une portion de sa longueur variant de 1/3 à 1/2.

Les gaz brûlés sont chicanés dans le sens vertical par des pièces réfractaires supportées par les divers étages de tubes, l'ensemble

de ces pièces formant deux cloisons verticales, inégalement espacées de l'avant et de l'arrière du foyer, en vue de réaliser une section qui décroît avec la température, et par suite avec le volume occupé par les gaz de la combustion. Cette disposition, qui a pour effet de renverser la flamme, nous paraît à recommander.

Comme aux chaudières de Naeyer, un faisceau tubulaire séparé, appelé *économiser*, servait à dépouiller plus complètement de leur chaleur les gaz allant à la cheminée.

Chaudière Root. — Cet appareil était exposé par MM. Conrad Knap et Cie, de Londres, et fonctionnait dans la cour de la force motrice, à côté des précédentes.

La maçonnerie peut être faite entièrement après le montage complet de la chaudière, dont elle est indépendante ; la circulation des gaz de la combustion s'effectue en chicanes horizontales par l'interposition sur la troisième et sur la quatrième rangées de tubes, de deux fortes tôles ne laissant de passage, l'une qu'à l'avant, l'autre à l'arrière aux gaz chauds. A ce système on adapte aussi en général un appareil réchauffeur d'eau d'alimentation, dont l'effet, comme du reste pour les anciennes chaudières à bouilleurs, est toujours une petite économie de combustible, d'autant plus importante que l'eau servant à l'alimentation est à plus basse température.

Chaudières Collet. — Nous trouvons plusieurs installations de ce système à l'Exposition, une dans l'usine élévatoire d'eau, fournissant la vapeur à la machine de MM. de Quillacq et Meunier, une autre dans la pile n° 3 de la Tour Eiffel, et enfin une pour le service du pavillon de la République Argentine.

Ces chaudières ont un foyer très étendu, ayant à peu près, comme ceux des chaudières Belleville, les mêmes dimensions, en longueur et en largeur, que le faisceau tubulaire.

La circulation de l'eau dans les tubes est très active, grâce à une disposition comparable à celle des tubes Field, ce qui donne une grande puissance d'évaporation, surtout aux rangées inférieures de tubes, exposés à la radiation directe du foyer.

Chaudières Roser. — Deux types de chaudières sont exposés. Dans l'un, M. Roser fait revenir les gaz chauds par un tuyau concentrique au tube bouilleur; cette disposition, adoptée avec certaines variantes par d'autres constructeurs, avait été, croyons-

nous, proposée par un M. Tattet, il y a un certain nombre d'années, et appliquée par lui à une voiture à vapeur; un dispositif très analogue avait aussi été breveté en Angleterre.

Dans l'autre type de chaudière de M. Roser, les tubes bouilleurs sont simples, et d'un diamètre de 12 *cm.*.

La circulation des gaz chauds se fait comme dans les chaudières Babcox et Wilcox, mais dans le système à tubes intérieurs concentriques, le retour des gaz chauds se fait par tout le faisceau tubulaire.

La grille a une longueur un peu moindre que la moitié de celle du faisceau tubulaire. Dans le type à tubes concentriques on a jugé nécessaire de placer dans le retour de flammes un sécheur de vapeur; nous sommes très partisan de la tendance actuelle vers la surchauffe, qu'on n'aurait pu pratiquer autrefois sans craindre de brûler les garnitures des *stuffing box* et les graisses employées dans les cylindres, tandis qu'aujourd'hui les garnitures d'amiante et métalliques d'une part, et les huiles d'origine minérale de l'autre, évitent ces inconvénients. Deux chaudières Roser avaient été munies du foyer Godillot, sur lequel nous aurons à revenir.

Chaudière Charles et Babillot. — Ce générateur, exposé par la maison Morelle et C^ie^ d'Anzin, comporte aussi des tubes concentriques, mais le tube bouilleur atteint 160 *mm* de diamètre; la grille est à peine plus courte que le faisceau tubulaire, et les gaz brûlés montent entre les gros tubes (qui se superposent dans un même plan, et non plus en quinconce), pour descendre à l'arrière, revenir en avant par les tubes intérieurs, et circuler enfin autour du corps cylindrique supérieur qui forme réservoir d'eau et de vapeur, ainsi qu'autour d'un faisceau de tubes sécheurs.

Chaudière Terme et Deharbe. — Elle se compose encore d'un faisceau tubulaire, chauffé par un foyer de grande surface, à grille formée de deux cours de barreaux ordinaires, à cendrier muni d'une valve; deux tôles horizontales contrarient le mouvement des gaz brûlés d'une façon analogue à ce que nous avons précédemment indiqué pour la chaudière Root.

Une des chaudières de ce système était munie du foyer Hermann et Cohen, qui se charge au moyen d'une trémie située au-dessus et en avant de la grille, qui a une inclinaison de 45°, et

dont la partie inférieure est mobile pour permettre de jeter bas les mâchefers sans gêner la conduite du feu. Le foyer, à flamme renversée, nous semble très rationnel, encore que sa fumivorité dans l'installation faite à l'Exposition n'ait été que relative, si notre souvenir est exact.

Chaudière Lagosse et Bouché. — Cette chaudière, construite par MM. Le Brun, Pillé et Daydé, a deux faisceaux tubulaires superposés; la chauffe directe n'a lieu que sur la moitié antérieure des tubes; les gaz s'infléchissent ensuite pour aller chauffer la moitié postérieure.

Deux générateurs de ce type étaient munis d'un foyer Godillot, que nous retrouverons encore et employé sur une plus vaste échelle dans la suite de cette note, et qui était complété par un système d'alimentation supprimant non seulement le chauffeur, mais la vue même du charbon dans la chambre de chauffe.

Le combustible menu, arrivant d'une cour voisine par une trémie supérieure alimentée au moyen d'une chaîne à godets, descendait par des gaines dans les couloirs munis de vis conductrices qui se chargeaient de le répandre régulièrement sur la grille, de forme particulière, qui constitue le point le plus intéressant du système.

La chaudière Montupet, intéressante par son nouveau système de joint, ne nous a paru présenter aucune particularité nouvelle quant à son foyer.

Dans la chaudière Pressard, on s'est efforcé d'allonger le parcours des gaz par une cloison verticale sise vers les deux tiers de la longueur du faisceau tubulaire, lequel présente sur les précédents systèmes de chaudières multitubulaires cette particularité que les tubes sont inclinés de l'arrière vers l'avant.

Chaudière Maniguet. — Cet appareil est encore une chaudière à tubes concentriques, à retour de flammes par l'intérieur du faisceau multitubulaire, mais où chaque gros tube, que nous appellerons un bouilleur, atteint un diamètre de 210 *mm* et contient quatre tubes de retour de flamme de 65 *mm*.

Le foyer, dont la grille est légèrement inclinée vers l'arrière, occupe encore une surface presque égale à celle du faisceau tubulaire en projection horizontale ; la flamme monte verticalement, entre les rangées de gros tubes qui se superposent, au lieu de se croiser en quinconce, puis s'infléchit vers le haut, en avant de la

paroi inclinée que forme la juxtaposition des caissons collecteurs en fer forgé, traverse les groupes de petits tubes intérieurs et les gaz vont joindre la cheminée.

Chaudière Hanrez (section belge). — Elle comporte un foyer à étages placé en regard du bas d'un faisceau tubulaire incliné à plus de 45° sur l'horizontale. Ce foyer à étages convient bien à l'emploi des menus, mais il nous souvient bien en avoir vu d'analogues fonctionner en Alsace il y a vingt-cinq ans ; ce n'est pas une nouveauté.

Chaudière Oriolle. — Plus particulièrement destinée aux usages maritimes, aux canots à vapeur et aux torpilleurs, cette chaudière est formée d'une grande quantité de petits tubes inclinés, reliant deux lames d'eau de peu d'épaisseur contenues entre des parois planes solidement entretoisées.

Les gaz montent verticalement à travers ce faisceau tubulaire, et continuent directement leur ascension verticale à la cheminée. On a pris la précaution de garantir contre le coup de feu les points de jonction des tubes avec les plaques, résultat obtenu tout simplement en posant le long des plaques des bandes de tôle mince qui reposent sur la partie extrême des tubes. L'utilisation du calorique est bonne en raison de la faible épaisseur qu'on peut donner aux tubes et du cheminement contrarié des gaz, qui frappent pour ainsi dire successivement chaque rangée des tubes, et sont brisés en lames étroites, fendues pour ainsi dire à la traversée de chaque ligne de tubes.

Chaudière de Dion. Bouton et Trepardoux. — C'est en quelque sorte une chaudière Oriolle enroulée ; une multitude de petits tubes courts relient un bouilleur central avec une lame d'eau verticale et annulaire. Elle est appliquée à des voitures à vapeur, à des locomobiles pour produire la lumière électrique, pour lesquelles on a recherché la plus grande légèreté en conjuguant la dynamo avec un turbo-moteur et la chaudière dont nous parlons. Elle semble devoir parfaitement convenir aussi pour les pompes à incendie, à vapeur, etc. Il n'y a pas de grille à proprement parler, mais un foyer du genre de ceux employés par MM. Geneste et Herscher pour brûler les menus dans leurs calorifères. Le combustible y descend comme dans une sorte de four coulant.

La chaudière Bordone est d'une certaine complication, comprenant des tubes verticaux, horizontaux, des réchauffeurs, etc.

La principale particularité consiste en ce que le foyer, sans aucune maçonnerie, est entouré de tous côtés par des tubes jointifs, donnant une utilisation maxima de la chaleur radiante du foyer qu'on n'a pas à craindre de brûler, en raison de la faible épaisseur relative du métal léché par les gaz chauds, et de la rapidité intense de la circulation du liquide.

Nous ne saurions passer sous silence la chaudière étudiée par notre collègue, M. Lencauchez, quoiqu'elle ne figure que par des dessins. Elle comporte un certain nombre de séries de tubes aboutissant chacune à un collecteur qui débouche dans un corps cylindrique horizontal formant collecteur général et réservoir d'eau et de vapeur.

La maçonnerie du foyer comporte une ceinture de briques creuses, dont les trous laissent passer des jets d'air au-dessus du combustible en ignition, cet air devant assurer la fumivorité ; cette disposition rappelle par son principe celle de la chaudière classique, et si longtemps en faveur de nos collègues MM. Molinos et Pronnier.

2° Chaudières a foyer intérieur.

Bien que très répandues dans l'industrie et dans la marine, ces chaudières n'étaient représentées que par un petit nombre de types, parmi les générateurs en service pour la fourniture de la vapeur à l'Exposition Universelle de 1889.

Nous citerons deux chaudières du type bien connu de nos éminents collègues Thomas et Laurens, dont une exposée par la Société centrale de construction de machines à Pantin, et l'autre par la maison Archambault et Soucaille.

Ce type si excellent est trop connu pour que je songe à vous en faire la description.

La commodité qui le caractérise, d'avoir un foyer de rechange est surtout avantageuse pour les établissements qui possèdent une batterie de chaudières de ce système, car alors aucun chômage, même partiel, n'est à craindre pour une réparation.

La Compagnie de Fives-Lille exposait un générateur également à foyer amovible, mais où les tubes se trouvent en continuation du foyer, comme dans les locomotives, au lieu d'être en retour.

Le foyer est formé de viroles à bords relevés avec de forts congés, disposition qui évite d'avoir des rivets exposés à la flamme.

Nous signalerons en passant les foyers de Fox dont la section anglaise présentait de superbes échantillons et qui nous semblent apporter une certaine garantie contre la fatigue causée au métal par l'inégalité des dilatations, au même titre que le mode de liaison des viroles que nous venons de citer, en même temps qu'une augmentation importante de résistance à l'écrasement.

La chaudière Galloway, bien connue aussi de vous tous, se caractérise par une sorte de carneau intérieur de section elliptique dont les faces sont reliées par des bouilleurs coniques verticaux ou légèrement inclinés, disposés en quinconque. Deux foyers circulaires intérieurs envoient leurs flammes dans ce carneau commun. Les gaz chauds reviennent, au sortir de ce carneau intérieur, circuler autour du corps cylindrique de la chaudière

3° Chaudières tubulaires.

Ces chaudières sont essentiellement celles des locomotives et des locomobiles. Invention française, ce type a rendu à la locomotion à vapeur le plus immense et indispensable service; il ne sera probablement pas de sitôt supplanté dans cette application où l'emploi du tirage forcé active la combustion en raison même de la dépense accusée par chaque coup d'échappement. Mais pour les chaudières industrielles fixes nous croyons que le système des multitubulaires est appelé à le supplanter complètement, et nous n'avons qu'une application importante à citer de chaudières en feu de ce type, c'est la belle installation des chaudières type locomotive de M. Davey Paxman et Cie dans la cour intérieure de l'électricité. Le grand intérêt de cette installation, unique peut-être par la propreté qu'elle assurait à la chaufferie, et intéressante surtout par la médiocre qualité des menus qu'on y brûlait, m'amène à vous parler des foyers de notre collègue M. Godillot, appliqués à tout l'ensemble de cette batterie. Des vis tournant dans des auges ou conduits ouverts conduisent le charbon et le distribuent d'une manière continue sur chaque grille. Ces vis ont une âme conique, pour éviter tout bourrage ou engorgement. Il suffit de régler la vitesse de rotation de ces vis, au moyen de cônes étagés et de courroies, pour assurer la constance de la production, ce qui suppose aussi une consommation de vapeur régulière, cas assez fréquent d'ailleurs dans bien des usines.

La grille est étagée, comme les grilles autrefois usitées pour

brûler les fines, en Alsace notamment; mais ce qui la caractérise, c'est qu'au lieu d'être plane, elle est conique, se composant d'une série de barreaux semi-circulaires superposés, et de diamètres allant en augmentant jusqu'au bas de ce foyer, assez comparable à un gazogène. Pour les premières applications, très réussies d'ailleurs de cette disposition, c'est-à-dire pour brûler de la tannée, des copeaux épuisés et humides de bois de teinture, des bagasses, etc., on ne rencontrait aucune difficulté, mais lorsque l'on voulut appliquer ce système à des houilles fines, mais de qualité passable, il fallut rafraîchir les grilles pour éviter leur destruction rapide d'une part, et aussi l'adhérence des mâchefers qui rendait les décrassages extrêmement difficiles. M. Godillot y est parvenu en réalisant une circulation d'eau capable de maintenir les barreaux à une basse température. Chaque barreau porte une nervure verticale lui servant de support et plongeant dans une gouttière semi-circulaire pleine d'eau. L'eau, amenée dans le petit cercle du haut, se déverse dans celui immédiatement au-dessous, qui se déverse dans le suivant, et ainsi de suite, formant en petit une véritable cascade; il suffit dès lors de régler l'afflux de l'eau pour égaler ou dépasser légèrement la quantité qu'évapore le système entier de la grille, ce qui se fait le plus aisément du monde au moyen d'un robinet.

La répartition égale du combustible sur la surface conique se fait d'elle-même, les menus fragments cherchant toujours naturellement à glisser le long de la ligne de plus grande pente, comme fait le sable d'un sablier ou celui qu'on verse d'un cornet sur une table.

Au bas se trouve une partie plate de grille sur laquelle arrivent les cendres ; on les fait tomber de temps en temps dans le cendrier à l'aide d'un ringard.

Je n'oserais affirmer qu'en aucun cas, avec aucun combustible ce foyer ne donnera de fumée, mais de tous ceux en feu pendant l'Exposition c'est celui, si mes souvenirs sont exacts, dont la fumivorité était de beaucoup la plus satisfaisante et ce résultat doit être attribué, très certainement, à la régularité et surtout à la continuité du chargement automatique.

4° Chaudières a gros bouilleurs.

Trois chaudières seulement sont à citer dans cette catégorie qui pendant longtemps a comporté le plus grand nombre des chaudières d'usine, et qui notamment en Alsace et dans le Nord a été de tout temps justement apprécié pour des qualités sérieuses; volant considérable de chaleur, simplicité de construction, facilité de conduite, etc.

La chaudière semi-tubulaire de la maison Meunier et C^ie^, de Fives-Lille, se compose de deux gros bouilleurs et d'un corps cylindrique tubulaire, surmonté lui-même d'un autre corps cylindrique formant réservoir d'eau et de vapeur. Rien à dire au sujet du foyer, qui n'était pas construit, et sera celui d'un fourneau ordinaire; on a employé pour le coup de feu des tôles de 3,800 *m* de longueur, afin de reporter en arrière du premier cuissard le premier joint de deux viroles. La jonction longitudinale de ces tôles est située à la partie supérieure et faite avec couvrejoint à quatre lignes de rivets.

La maison Fontaine, de Lille, avait une chaudière semi-tubulaire également, en fer, dans la cour réservée aux chaudières le long de l'avenue de Lamotte-Picquet.

Les produits de la combustion étaient ramenés à l'avant à travers le corps tubulaire, après avoir chauffé les quatre bouilleurs sur toute leur longueur, et envoyés ensuite dans un récupérateur servant à chauffer l'eau d'alimentation, pour atteindre la cheminée à une température voisine de 150°.

Aucune rivure ne se trouve exposée au coup de feu.

M. Trainaud, constructeur à Vienne (Isère), exposait une chaudière système Dulac, d'Armentières, composée de bouilleurs superposés, inclinés, reliés vers l'avant au corps de chaudière par un seul cuissard. La circulation des produits de la combustion est dirigée par des murettes verticales.

5° Chaudières diverses.

Notre collègue M. Dulac, dont vous vous rappelez que la chaudière a donné lieu déjà, en 1883, à un intéressant rapport présenté à notre Société par notre ancien président, M. Brüll, expose une chaudière en feu qui présente de nombreux sujets d'étude. Ne

devant ici m'occuper que de ce qui concerne le foyer, je louerai hautement la bonne disposition de sa grille, inclinée à 45°, et qui est alimentée de houille par une sorte de cuvette tournant autour d'un axe horizontal, permettant de charger en évitant les rentrées d'air si nuisibles dans la plupart des foyers ordinaires.

Les barreaux en fonte plongent par leur base dans des rigoles en fonte alimentées d'eau pour les empêcher de brûler et d'adhérer aux machefers. Les tubes pendentifs, d'un système particulier à M. Dulac, et qui ont extérieurement l'apparence des tubes Field, s'implantent perpendiculairement au fond inférieur bombé du corps antérieur cylindrique vertical de la chaudière, ce qui facilite l'épanouissement de la flamme entre tous ces tubes. L'air servant à la combustion s'échauffe en contournant la chemise en briques de la cuve conique du foyer.

Le décrassage s'opère par le cendrier sans interrompre la marche du feu et en évitant l'afflux d'air froid.

Les gaz de la combustion, après avoir cédé aux tubes pendentifs la plus grande partie de leurs calories, vont chauffer la portion cylindrique verticale du corps avant, puis la portion inférieure du corps cylindrique horizontal, et en dernier lieu s'infléchissent en léchant les parois du cylindre vertical postérieur, dans lequel arrive l'eau d'alimentation, réalisant ainsi le mieux possible la circulation méthodique en sens inverse de l'eau et des gaz chauds.

La chaudière de MM. Imbert frères est par eux dénommée le ***Hérisson***.

Comme dans la chaudière de M. Dulac, plusieurs rangées de tubes Field rayonnent autour du corps principal, mais ici ces tubes sont perpendiculaires à la paroi cylindrique, en sorte que leur axe est horizontal, et il est permis de penser que la circulation y est moins active, puisqu'elle est fonction de la différence de poids entre une colonne d'eau et une colonne d'un mélange d'eau et de vapeur, laquelle colonne a ici une hauteur nulle ou à peu près. Le fond de la partie cylindrique n'est pas soumis à la chaleur, de crainte de brûlure au cas d'une accumulation de dépôts qui peut et doit logiquement se produire en ce point.

M. Durenne, de Courbevoie, a exposé une chaudière spéciale pour mise en pression très rapide, avec un poids réduit et une grande puissance de vaporisation.

Au lieu des tubes Field ouverts à un bout, il a mis des tubes en cuivre minces qui, partant du ciel du foyer vont, en décrivant une courbe, s'insérer vers le bas de la partie annulaire qui en-

veloppe le foyer. Pour sécher la vapeur, que le dégagement tumultueux résultant de cette disposition ne peut manquer de charger d'eau vésiculaire, la prise s'effectue dans un manchon qui entoure la cheminée, et constitue un sécheur ou surchauffeur de vapeur.

Sur le même type, M. Durenne a construit et exposé une chaudière d'usine d'une puissance de 120 chevaux.

Enfin, viennent les générateurs Serpollet, à vaporisation instantanée qui réduisent à zéro le volume d'eau et de vapeur, et méritent par là mieux qu'aucun autre système la qualification d'inexplosibles. Vous vous rappelez sans doute la séance dans laquelle nous fût présentée, à son début, cette curieuse chaudière, faite d'un tube de fer aplati, écrasé, n'ayant pour tout volant de chaleur que les calories emmagasinées dans son minime poids de métal. MM. Serpollet ont été conduits à quelques modifications depuis cette époque ; leurs tubes sont en cuivre, munis d'ailettes pour augmenter la surface susceptible d'absorber les calories du foyer. Chaque tube, de 2 *m* de développement, pèse environ 32 à 35 *kg*, et peut produire la vapeur correspondant à une force de un cheval. Des coups de feu ne manqueraient pas de se produire aux arrêts ; on y obvie en reliant la clef qui ferme l'arrivée d'eau à la tige du registre qui dirige les gaz.

Cette chaudière paraît susceptible de rendre des services pour des tricycles à vapeur, des canots ou des petits moteurs domestiques ; il reste à voir s'il sera possible d'accoupler plusieurs éléments pour fournir un travail de plusieurs chevaux.

En terminant cet exposé quelque peu aride, je dois exprimer un vif regret, celui de ne pouvoir vous fournir sur les diverses chaudières que nous avons ensemble passées en revue des chiffres authentiques relatifs à leur production par unité de surface de chauffe, à leur production par kilogramme de combustible, à tout ce qui permettrait en un mot de les comparer utilement, de les juger par des chiffres.

Et c'est constater une grande et regrettable lacune à mon avis, dans le coup d'œil rétrospectif que nous jetons maintenant sur notre grande Exposition, disparue, que de voir qu'aucune expérience comparative, qu'aucun essai officiel, confié à des ingénieurs autorisés, n'a été fait sur les chaudières et les machines à vapeur, à l'instar de ce qui s'était passé, non sans intérêt et sans utilité, à l'Exposition d'Anvers.

Vous vous souvenez peut-être qu'à l'occasion d'une communi-

cation de notre Vice-Président, M. Périssé, relative à des accidents de coup de feu à des chaudières à vapeur, nous avons soumis à votre examen, M. de Laharpe et moi, quelques considérations sur l'importance des efforts que peut déterminer, dans les tôles, la différence des températures entre la paroi extérieure et la paroi intérieure. Je terminais mes observations à ce sujet en exprimant le vœu que des expériences fussent faites sur cet important sujet. Je ne saurais donc passer sous silence les très remarquables et intéressantes expériences faites depuis cette époque par M. Hirsch, le savant professeur du Conservatoire des Arts et Métiers, avec la collaboration de notre sympathique collègue, M. Alfred Tresca, expériences qui ont été relatées dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* et dans le *Bulletin* de mai dernier de la Société d'Encouragement. Des chiffres très intéressants publiés dans ce travail, je désire relever seulement que si la température de la paroi externe de la tôle ne dépasse normalement que de 100 à 150° celle de l'eau dans une chaudière en bon état, cet écart de température peut aller jusqu'a plus de 300° lorsque la tôle est recouverte d'incrustations, ou qu'une autre cause, doublures dans les tôles ou présence de certains corps gras, vient s'opposer à la transmission de la chaleur. J'appelle de nouveau l'attention de nos collègues sur cette importante qnestion, et il est pour moi certain que la plupart des accidents arrivés aux chaudières chauffées à outrance, et notamment aux chaudières de torpilleurs. n'ont pas d'autre cause que les inégalités de dilatations dues à ces variations dans la température des parois. S'il n'en est pas de même dans les foyers de locomotives, cela tient surtout, à mon avis, à l'excellente circulation qu'assure leur forme spéciale, en contrebas du corps principal. Il faut remarquer aussi que cet écart de température est lié, toutes choses égales d'ailleurs, à la production de vapeur par unité de surface, et il est très intéressant de remarquer à ce sujet que, d'après les expériences de M. Hirsch, la production de vapeur en certaines parties d'une chaudière est dix fois plus grande que la production moyenne rapportée à la surface de chauffe totale.

OBSERVATIONS

EN RÉPONSE A LA COMMUNICATION DE M. E. BERT

SUR

LES TRAITÉS DE COMMERCE ET LEUR RENOUVELLEMENT

PAR

M. J. FLEURY

MESSIEURS,

Je vous demande la permission de vous soumettre les quelques réflexions qu'a fait naître chez moi la communication de notre collègue, M. Bert.

En débutant, M. Bert nous disait : Il ne s'agit ici ni de libre-échange, ni de protection (1). Il voudra bien me permettre de lui faire observer qu'il ne s'est pas tout à fait conformé à cette déclaration, et que dans la suite de son travail il n'a cessé d'opposer la protection au libre-échange. Ce n'est pas un reproche : il ne pouvait pas, en effet, éviter les rapprochements et les comparaisons entre les deux théories, puisque la question qu'il traitait était celle du plus ou moins de liberté qu'il conviendrait de donner à l'échange avec l'étranger, au moment de l'expiration des traités qui le réglementent aujourd'hui.

Il faut donc bien l'admettre, et M. Bert n'a pas hésité à le faire : c'est entre la protection et le libre-échange que s'agite le débat soulevé, et il s'agit de voir si l'une des deux théories en présence conduit mieux que l'autre au but, à ce but que, dans les quelques mots si justes qu'il a prononcés en ouvrant la discussion, notre sympathique Président a si exactement précisé : accroître le bien-être de chacun, augmenter la richesse du pays (2).

(1) Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, février 1890 : *Les Traités de commerce et leur renouvellement*, par M. Emile Bert, page 203.

(2) Mém. Société Ingénieurs civils, février 1890, page 177.

Sur un semblable sujet, qui touche si profondément à tous les intérêts, et aux intérêts de tous, et auquel, par suite, personne ne peut demeurer indifférent, il n'est pas surprenant que les opinions les plus diverses prennent naissance dans les esprits. Les miennes sont fort différentes de celles de mon honorable collègue : me fiant à la bienveillance à laquelle vous m'avez accoutumé depuis longtemps, je m'enhardis à vous les soumettre en toute sincérité.

§ I

Ma tâche est tout d'abord facile et agréable, puisque j'ai à rendre hommage à l'historique très intéressant, très exact et très complet des traités de commerce que M. Bert a placé en tête de sa communication.

Cet historique a eu, entre autres, cet avantage de nous montrer que le tarif de douane, d'abord purement fiscal au commencement de ce siècle, n'était devenu un instrument pour ce qu'on a appelé la *protection* que depuis une époque relativement récente, et qu'à ce point de vue, tout au moins, la protection ne pouvait pas s'abriter derrière le respect qu'une longue durée aurait pu en une certaine façon lui valoir.

Parlant du traité de 1860, M. Bert l'a qualifié de traité libre-échangiste (1). Est-ce bien exact, et mérite-t-il cette qualification alors qu'il imposait encore à la plus grande partie des produits fabriqués des droits *ad valorem* de 25 à 30 0/0, convertis ensuite en droits spécifiques, calculés sur cette même base de 25 à 30 0/0 de la valeur d'alors ? Non, ce n'était pas là un traité libre-échangiste, et tout au plus, si on veut lui donner un qualificatif, devrait-on l'appeler un traité opportuniste, tandis que l'épithète de protectionniste pourrait déjà convenir aux conventions intervenues ultérieurement en 1882.

Je suis d'ailleurs assez disposé à reconnaître que le régime institué par le traité de 1860 n'a ni justifié toutes les appréhensions, ni vérifié toutes les espérances qu'il avait fait naître. Plus d'un industriel se porte fort bien encore, qui, au moment où le traité de 1860 ouvrait aux produits similaires aux siens une petite porte bâtarde, se déclarait perdu, faisait son testament et annonçait sa très prochaine liquidation. Ni l'industrie ni l'agriculture ne furent ruinées du coup : quelques usines disparurent, qui fonctionnaient

(1) Em. Bert. *Loc. cit.*, page 209.

avec un matériel arriéré — depuis longtemps amorti d'ailleurs — ou qui se trouvaient dans des conditions économiques défavorables.

Mais il n'y eut pas de catastrophe nationale, et la production, dans les industries mêmes qui, au moment, se plaignaient le plus, loin de s'arrêter, prit un essor considérable (1).

La richesse publique s'est notablement accrue pendant cette période. On le constate à plus d'un trait. Les valeurs successorales qui étaient de 2 216 millions en 1840, atteignaient 3 526 millions en 1860, soit 59 0/0 d'augmentation : de 1860 à 1880, l'accroissement est de 80 0/0 (2). En 1888, l'évaluation des valeurs successorales était de 6 352 millions.

Les dépôts dans les caisses d'épargne étaient en 1860 de 135 millions. Ils étaient de 2 493 millions en 1888 : l'encaisse de la Banque de France était de 421 millions en 1860, elle est de 2 443 millions, c'est-à-dire près de six fois plus considérable en juillet 1889; la circulation des billets passe de 749 millions à 2,829 millions : les dépôts dans quatre des principaux établissements de crédit de Paris étaient de 82 millions en 1864, ils dépassent aujourd'hui le milliard. Puis enfin, l'abaissement du prix de l'argent est un signe de son abondance. Or, l'escompte se tient à 3 0/0; le papier de banque se négocie à 2 ou 2,1/8 0/0; l'obligation de chemin de fer qui se vendait 315 *f* vaut aujourd'hui 425 *f*. Plus de 20 milliards sont placés à l'étranger à des taux qui n'atteignent pas toujours 4,50 0/0. Enfin, dernier et permanent symptôme de la grandeur des ressources, même après avoir réparé les ruines de la guerre, nous supportons sans trop faiblir un ensemble de charges publiques, budget de l'État, des départements, des communes, qui s'élève à plus de 4 milliards 1/2. Ce qui représente par Français de tout âge et de toute condition, une charge annuelle de 122 *f*, et si, ce qui semble plus rationnel, on la répartit sur les seuls travailleurs, qui sont 16,5 millions environ, cette charge devient de 273 *f* pour chacun, soit 0,90 *f* par jour. Il n'y a qu'un peuple riche qui puisse supporter un pareil fardeau (3).

Mais, je me hâte de le dire, il ne faut pas attribuer au seul régime commercial inauguré en 1860 ce grand développement de notre fortune. Bien des événements se sont déroulés depuis 1860,

(1) Voir les relevés statistiques des différentes industries et du commerce dans la *France économique*, par M. de Foville.

(2) De Foville. *France économique*, 2e édit., page 516 et suiv., et aussi du même auteur : *La Fortune de la France*, page 11.

(3) Cet ordre de considérations a été développé d'une façon très complète et très saisissante par M. Neymarck, vice-président de la Chambre syndicale des Industries diverses. Son rapport a été publié dans le journal *le Rentier* (nos des 17 et 27 mars 1890).

qui ont eu sur la richesse, la prospérité, la grandeur de notre patrie, une bien autre influence que le traité de 1860. La situation actuelle, qui n'est pas mauvaise, comme nous venons de le voir, qui pourrait être encore meilleure, est la résultante de tous ces événements, dont l'influence, nous le savons, s'est exercée dans des sens souvent tout à fait divergents.

Notre production, notre commerce, ont, comme toutes les autres branches de l'activité nationale, subi les effets, tantôt bons, tantôt funestes, des guerres, des événements politiques et financiers, de l'état des récoltes, des fléaux destructeurs, comme ceux qui depuis trop longtemps semblent conjurés contre la vigne. Mais, en somme, on peut le dire, la richesse publique a, en dépit de tout, sensiblement progressé.

Cet ordre de considérations n'a certainement pas échappé à M. Bert. Toutefois, il le mentionne à peine dans le travail qu'il nous a lu. C'est qu'en effet, pour apprécier le plus ou moins haut degré de notre prospérité industrielle et commerciale, M. Bert a un criterium qui lui inspire toute confiance. Ce criterium, c'est ce qu'on appelle la *Balance du Commerce*.

§ II

La *Balance du Commerce*, c'est, vous le savez, la différence entre la valeur des exportations et des importations. Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on en tire des conclusions du genre de celles que M. Bert nous a proposées : on n'est pas non plus resté jusqu'à aujourd'hui sans contester ces conclusions, et, sur ce point, la discussion actuelle acquiert un cachet rétrospectif dont je ne suis pas responsable.

M. Bert nous dit (1) : « La prospérité de la France a été sans » cesse en grandissant tant que la balance du commerce nous a » été favorable, c'est-à-dire tant que nous avons reçu du numé» raire de l'étranger au lieu de lui en envoyer..... » et quelques lignes plus bas, il ajoute en insistant : « C'est une grave erreur » de soutenir qu'un pays s'enrichit d'autant plus qu'il importe » davantage, c'est, au contraire, l'excédent des exportations sur » les importations qui constitue un bénéfice pour le pays. En » effet, tous les produits, quand l'importation n'est pas remplacée

(1) Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, février 1890. *Les Traités de commerce et leur renouvellement*, par Emile Bert (p. 223).

» par l'exportation, se compensent en argent; le pays qui importe » plus qu'il n'exporte est, par conséquent, obligé de régler la » différence en monnaie. »

Messieurs, cela est-il bien possible? Dans le tableau qu'il a mis sous nos yeux (1) M. Bert fait ressortir les différences qui se sont produites, depuis 1827 jusqu'en 1889, entre les importations et les exportations. Eh bien! totalisation faite, les importations de cette longue période surpassent les exportations de près de onze milliards (2).

Onze milliards, c'est une somme! Onze milliards qui, d'après M. Bert, ont dû sortir de nos frontières pour aller compenser à l'étranger la faiblesse de notre exportation par rapport à notre importation.

Mais, Messieurs, depuis 1789, depuis cent ans, on a monnayé en France une valeur de 14 milliards (3)! Il s'en est fondu, perdu, égaré quelque peu dans ces cent ans : 700 millions sont allés en Allemagne pour solder l'indemnité de guerre (4). Si on avait fait ce que nous dit M. Bert, notre stock monétaire serait donc à peine de 2 milliards et demi, alors que les évaluations les plus raisonnées (5) le portent à 8 milliards environ; alors que les caves de la Banque de France en contiennent près de 3 milliards.

Il y a encore un autre fait qui m'empêche de partager l'opinion de notre collègue. C'est qu'au lieu d'exporter cette grande masse de numéraire, ces onze milliards, nous avons, pendant cette même période de 1827 à 1889, importé 9 400 millions de numéraire (6), Ce n'est pas notre argent qui est allé à l'étranger, c'est le sien qui est venu chez nous.

Comment expliquer, concilier tous ces faits? Messieurs, de la façon la plus simple, mais tout autrement que ne l'a fait M. Bert.

Je veux bien admettre pour un moment — en dépit des objections qu'on peut faire à cette assimilation — je veux bien admettre, comme l'a fait M. Bert, que la France soit une sorte de grande maison de commerce : elle vend, elle achète : la différence de ses opérations se règle en argent. Vend-elle plus qu'elle n'achète ? elle reçoit en numéraire le solde à son crédit : est-ce le contraire?

(1) Bert. *Loc. cit.* page 219 (voir annexe I).
(2) Exactement : 10 893 millions de francs.
(3) De Foville. *France économique*, page 366.
(4) Les 5 milliards de la rançon de notre territoire ont été réglés en traites, sauf un appoint de 700 millions en or.
(5) De Foville. *Ibid.*, page 369, et *la Circulation monétaire en France* dans le *Journal de la Société de Statistique*, de janvier 1886.
(6) De Foville. *La France économique*, page 274.

elle devient débitrice. Mais le résultat définitif, est-ce bien la statistique des douanes qui peut me le révéler ? Ce document n'est-il pas tout simplement quelque chose comme le livre de magasin de la grande maison de commerce? Tant de marchandises entrées, tant de marchandises sorties, les unes et les autres estimées en argent, très approximativement d'ailleurs, à la valeur qu'elles ont au moment où elles franchissent, les unes dans un sens, les autres en sens contraire, le seuil du magasin. Ce livre ne nous dit pas autre chose. — C'est ailleurs qu'on verra si, en définitive, le commerçant a fait de bonnes ou de mauvaises affaires, s'il reste débiteur ou créancier. Qu'on nous montre le carnet des effets à recevoir, celui des effets à payer, qu'on nous ouvre le grand livre, les comptes courants, qu'on établisse le compte de profits et pertes, qu'on dresse le bilan, et alors nous pourrons dire si les opérations donnent un gain ou si elles se traduisent par une perte.

C'est qu'en effet, Messieurs, lorsque notre commerce vend à l'étranger, ce n'est pas au prix consigné sur la déclaration de sortie remise à la douane ; et lorsqu'il achète, ce n'est pas non plus son prix d'achat qui figure sur la déclaration d'entrée. Avec les produits qu'au moment de leur sortie de chez nous, nous estimions valoir 3 milliards et demi, nous nous en sommes procuré d'autres qui, au moment où nous les avons reçus, valaient 4 milliards 200 millions. Loin donc de déplorer la grandeur croissante de nos importations, je crois qu'il faut plutôt la considérer avec une certaine satisfaction, puisqu'elle est la révélation de notre puissance d'achat.

Et puis, il faut bien remarquer que les opérations du commerce extérieur ne se traduisent pas toujours par un échange. A certains moments, les peuples ont à solder des dettes au dehors, à tenir des engagements comme, par exemple, les prêts, les emprunts consentis à d'autres nations. C'est au moyen de l'exportation qu'on y arrive. Nous l'avons fait ; nous avons fait, nous faisons encore de grands placements à l'étranger : nous en faisons moins qu'autrefois ; mais quand la récolte intérieure du blé sera redevenue suffisante, quand les ravages du phylloxera auront été réparés, nous aurons à notre disposition les 800 millions que nous consacrons à acheter, au dehors, du blé et du vin, et, si nous n'avons pas meilleur emploi à en faire, nous redeviendrons de grands prêteurs pour les autres peuples.

Des circonstances de ce genre se sont précisément produites, dans les périodes de 1862-1867 et 1872-1876, où M. Bert nous

signale avec tant de satisfaction la supériorité des exportations sur les importations (1).

Dans la première, n'avons-nous pas eu les frais de l'expédition du Mexique, l'emprunt mexicain, l'emprunt italien, et d'autres engagements encore qui nous constituaient en débet? Et dans l'autre période de 1872 à 1876, n'avions-nous pas à liquider les frais de la guerre, l'emprunt Morgan, et par-dessus tout, la rançon de notre territoire? Nous avons travaillé, incorporé notre intelligence et notre peine dans les produits de notre industrie, nous les avons exportés, sans les compenser par des importations, et nous nous sommes ainsi libérés. C'est un débiteur qui s'acquitte, ce n'est pas un créancier qui encaisse.

Non, l'excès des exportations sur les importations n'est pas un signe indiscutable de prospérité : souvent même, il est un indice d'appauvrissement du pays exportateur.

L'Inde est tenue de verser annuellement une lourde contribution au budget impérial de sa métropole; elle paie de nombreuses et larges pensions à ses anciens fonctionnaires retirés en Europe; en Europe encore, elle doit envoyer leurs revenus à un grand nombre de ses plus considérables propriétaires fonciers et payer l'intérêt de ses emprunts. Elle exporte plus qu'elle n'importe.

L'Égypte, chargée d'une dette extérieure énorme, en solde les arrérages au moyen d'un grand excès d'exportation.

Les landlords d'Irlande n'habitent point leurs domaines : ce qu'on a appelé l'absentéisme est une des nombreuses calamités de ce malheureux pays, qui n'en manque guère; les exportations de l'Irlande sont toujours, et de beaucoup, supérieures à ses importations. Il faut, en effet, faire parvenir leurs rentes aux propriétaires du sol.

Et ces trois pays ne sont-ils pas de ceux où se voient le plus ces grandes fortunes qui apparaissent à M. Bert comme des indices de prospérité. Oui, d'énormes fortunes en haut, et en bas quelle plus affreuse misère que celle du rayot hindou, du fellah égyptien, du paysan irlandais? Le bonheur n'est certes pas là.

§ III

Donc, Messieurs, ce n'est pas en comparant en bloc les impor-

(1) Bert, *Loc. cit.*, page 223. — Voir aux tableaux annexés. — De 1862 à 1867, l'excédent de l'exportation sur l'importation a été de 1 400 millions. De 1872 à 1876, il a été de 1 735 millions.

tations aux exportations qu'on peut apprécier exactement le bénéfice que tire un pays de son commerce extérieur. Non, ce n'est pas avec la balance des protectionnistes qu'il faut peser la prospérité de notre commerce extérieur.

On l'appréciera mieux en entrant un peu dans le détail de ses opérations.

Si vous voulez bien jeter un coup d'œil sur les tableaux 2, 5 et 6 (1), vous constaterez tout d'abord que notre importation tend légèrement à diminuer. De 4 343 millions en 1884, elle est seulement de 4 175 millions en 1889, soit une différence de 168 millions. Notre exportation suit une marche inverse. Elle est, en 1889, de 3 609 millions, en augmentation de pres de 350 millions sur 1884; et ce qui est plus intéressant, c'est que ces différences portent presque entièrement sur le commerce des produits fabriqués. Nous en avons importé, en 1889, pour 100 millions de moins qu'en 1884; nous en exportons, par contre, pour environ 200 millions de plus en 1889 qu'en 1884. Ces constatations sont un indice de l'accroissement de notre activité industrielle. Je trouverai tout à l'heure une autre occasion de développer cet ordre de considérations. Mais, dès maintenant, nous pouvons légitimement éprouver une certaine satisfaction du résultat d'ensemble.

Cette satisfaction ne peut que s'accroître quand on cherche les pays avec lesquels nous faisons le plus d'affaires. Ce n'est pas chez les peuples nouveaux, encore mal pourvus de moyens industriels, que vont le plus nos produits. Nous en plaçons la plus grande quantité chez nos concurrents les plus immédiats, les mieux organisés pour toute espèce de production. Notre plus gros client, c'est l'Angleterre. Nous ne lui envoyons rien moins que le quart de notre exportation, 864 millions, en 1888. Ce gros client nous est peut-être plus nécessaire que nous à lui, il faut bien le reconnaître, car les ventes qu'à son tour il nous fait représentent à peine le neuvième de ses exportations (2). Si, ce que je ne voudrais pas voir, les rapports se tendaient, si les relations devenaient difficiles entre les deux pays, les Anglais pourraient encore, sans trop de peine, répartir sur le reste de leur clientèle la fraction de marchandises qu'ils ne vendraient plus chez nous. Faire de même nous serait moins aisé. Le $\frac{1}{4}$ de la production s'écoule moins commodément que le $\frac{1}{9}$. Je dis que l'Angleterre souffrirait moins

(1) Voir aux annexes.
(2) Voir annexe n° III.

que nous d'une rupture ; mais elle en souffrirait encore. La guerre, la guerre commerciale comme toute autre, réserve des maux aux deux parties.

L'exemple en est là tout près de nous.

Par suite de la rupture des relations entre nous et l'Italie, ce pays a vu décroître de 19 0/0 environ l'importance de ses exportations : les nôtres n'ont diminué que de 2,4 0/0. Nous sommes donc les gagnants, comme disent quelques personnes, et par tout ce qui se passe, nous voyons bien que l'Italie souffre plus que nous. Ne croyez pas cependant que nous n'ayons pas souffert, que nous ne souffrons pas de cet état de choses. Les huiles, les vins d'Italie repoussés de chez nous, s'ingénient à trouver d'autres débouchés, et nos exportateurs les rencontrent en concurrence sur des marchés où autrefois ces produits paraissaient à peine. Plus directement notre cabotage dans la Méditerranée souffre de la fermeture des ports italiens ; nos industries de la quincaillerie, des tissus, se ressentent, croyez-le, de la diminution de leurs ventes au delà des Alpes. Lyon, par l'habileté, la continuité d'efforts de ses négociants, de ses industriels, était devenu le grand — mieux que cela — le marché universel de la soie. Toute soie qui voulait être vendue venait s'offrir sur le marché de Lyon. Lyon était le régulateur des prix : il avait la primeur des choix. Les soies d'Italie y étaient envoyées pour la presque totalité en consignation. Depuis le régime d'exception établi en 1888, il n'en vient plus qu'une faible fraction. Et le reste, soyez-en sûrs, a trouvé bon accueil chez les concurrents étrangers de notre grande fabrique lyonnaise.

Ce sont là des maux réels (1) dont il ne faut pas détourner les yeux au moment où il va falloir prendre, pour l'organisation de nos rapports internationaux, des résolutions d'une haute conséquence.

C'est aussi un motif pour se rendre compte de ce qu'est notre commerce avec l'Allemagne. Nous recevons d'Allemagne environ 333 millions de marchandises; nous lui en envoyons pour 308 millions. Ces chiffres sont inférieurs à ceux de notre commerce avec le petit pays de la Belgique (2), comme l'Allemagne notre proche voisin. Ils ne sont pas négligeables, certainement. Ils ne sont pas

(1) Voir le rapport de M. Teisserenc de Bort, président de la commission des valeurs de douane, à M. Tirard, président du conseil.

(2) Commerce spécial avec la Belgique en 1888 :

Importations.	419 millions de francs.
Exportations.	473 —

non plus écrasants, et, somme toute, ils sont de nature à rassurer sur les conséquences de cette clause 11 du traité de Francfort qui assure, à perpétuité, — la perpétuité des traités ! — réciproquement à la France et à l'Allemagne le traitement de la nation la plus favorisée. Cette clause n'a pas, nous venons de le voir, tant que cela, ouvert à l'Allemagne la porte de nos marchés.

Il convient aussi de remarquer, à ce sujet, qu'un traité est un contrat synallagmatique qui oblige réciproquement les deux parties. L'Allemagne a droit en France au traitement de la nation la plus favorisée. La France a le même droit en Allemagne.

C'est peut-être là un des motifs qui rendent improbable la constitution, sur le terrain commercial, d'une autre triple alliance, comme l'autre dirigée contre nous. Ce que l'Allemagne consentirait d'avantages commerciaux à ses alliés, nous serions *ipso facto* en droit d'en jouir, en vertu de la clause susdite. C'est peut-être aussi par des traités commerciaux passés avec les jeunes États de l'Amérique du Sud que nous empêcherons le mieux toute nouvelle tentative de cette Union Panaméricaine rêvée par les producteurs des États-Unis.

§ IV

Mais, Messieurs, est-ce bien réellement de renouveler les traités de commerce que se préoccupe en ce moment une certaine opinion ?

M. Bert vous l'a dit (1), l'abandon des traités de commerce est accepté à peu près unanimement. Unanimement est peut-être excessif, car beaucoup de chambres de commerce réclament la négociation de nouveaux traités. Elles y voient une garantie de la stabilité nécessaire aux entreprises industrielles. Et cette raison semble, en effet, d'importance.

Mais ce qui préoccupe, ce qui tient au cœur, ce qui surexcite les ardeurs, ce qui provoque les démarches, c'est l'établissement du tarif des douanes.

Plusieurs n'en veulent qu'un ; d'autres en veulent deux : un maximum, un minimum, et l'application de ce dernier serait précisément l'objet des conventions commerciales.

Mais qu'il s'agisse d'un ou de deux tarifs, un mouvement s'est produit avec une grande intensité, en faveur de droits fortement protecteurs.

(1) Bert, *loc. cit.* p. 228.

L'agriculture a pris la tête du mouvement: les industries suivent, tout le monde s'empresse, s'agite pour faire peser sur les produits semblables aux siens le droit le plus lourd possible.

Des vues sur l'intérêt général du pays, qui en a? Chacun stipule pour soi. On est, comme l'a dit M. Bert, protectionniste pour son industrie, libre-échangiste pour celle des autres (1).

Ce spectacle, nous l'avons tous les jours, en lisant les journaux, en apprenant ce qui se dit, ce qui se fait dans les couloirs des Chambres, dans les bureaux du Gouvernement.

Eh bien, n'est-ce pas un spectacle affligeant? La dignité, l'élévation du caractère national n'ont-elles pas à souffrir de cet oubli trop grand de l'intérêt général, de cette trop grande préoccupation de l'intérêt personnel, et n'est-ce pas le moment de rappeler la grave pensée de Pascal (2) : « La pente vers soi est le commencement de tout désordre, en guerre, en police, en économie (3)? »

L'une des forces des partisans du tarif des douanes sur l'opinion, c'est la phraséologie qu'ils ont réussi à introduire dans le langage courant, et qui tend à représenter ce tarif comme une barrière tutélaire destinée à nous préserver des plus épouvantables fléaux. Les blés de l'Inde et de l'Amérique vont inonder la France, vite une digue! Mais voici l'invasion des produits anglais, des produits allemands, ils nous menacent, ils approchent, ils vont tout envahir, braves Français, courons à la frontière! et on songe à Waterloo, et on songe.....

Ah! Messieurs, de pareilles images sont-elles bien de mise? Est-ce bien à propos que l'on évoque ainsi les douloureux souvenirs des jours néfastes, et n'y a-t-il pas une sorte de profanation à les remuer au fond de nos cœurs, pour la satisfaction d'intérêts purement matériels!

Alors surtout que toutes ces belliqueuses métaphores sont autant d'inexactitudes. Les producteurs étrangers ne nous imposent

(1) Bert, *loc. cit.*, page 226.

(2) Pascal, édition Havet. — Pensée XXIV.

(3) Il est peut-être piquant d'apprendre d'un Américain comment les choses se passent à Washington en semblable circonstance. Voici la description qu'il en fait:

« La présentation d'un projet nouveau de tarif au Congrès donne lieu à des scènes qui rappellent assez bien le spectacle que présente une cage de singes dans laquelle on vient de jeter une banane. La proposition n'est pas plutôt faite de protéger une industrie, que toutes les industries susceptibles d'être protégées se mettent à pousser des cris aigus et à se bousculer pour avoir leur part de protection. Et, en réalité, elles sont forcées d'agir ainsi, car être laissé en dehors du cercle des favorisés, en dehors des *encouragés*, équivaut à un *découragement*. Le résultat en est, comme nous le voyons aux Etats-Unis, que toutes les industries sont quelque peu protégées, les unes plus, les autres moins, en proportion de l'argent qu'elles ont pu dépenser, et de l'influence politique dont elles disposent. » (Henri George. *Protection ou Libre-échange*, page 220.)

Bien entendu, ceci se passe aux Etats-Unis.

pas leurs marchandises. Le voudraient-ils, qu'ils ne le pourraient pas, si nous étions déterminés à ne pas les acheter. C'est nous qui allons leur demander ce qui nous manque. Ce que nous faisons venir du dehors, c'est ce qui n'a pas été produit chez nous et nous est cependant nécessaire.

Ce qui règle l'importation, c'est la production du pays où elle se fait, et non pas celle des pays d'où elle vient.

Et tout aussitôt ne voit-on pas qu'il n'est pas en notre pouvoir d'établir ce qu'on a appelé des *droits compensateurs*, d'obliger le producteur étranger à participer aux charges nationales, à supporter une partie de nos impôts. On prétend y arriver cependant en frappant d'un droit la marchandise importée : mais ce droit ne fait que s'ajouter au prix de vente de l'importateur, et retombe en définitive sur le consommateur français. En réalité, ce n'est pas contre l'étranger que la protection nous couvre et nous défend, c'est contre nous-mêmes.

Voici, par exemple, onze millions d'hectolitres de blé, c'est-à-dire le dixième de la consommation, qui, depuis quelque temps, pénètrent chaque année en France. Ces onze millions d'hectolitres de blés étrangers ne se substituent pas à égale quantité de blés français que la population laisserait méchamment se perdre pour faire pièce aux agriculteurs.

Non, le commerce ne les introduit que parce que la récolte en France est insuffisante à satisfaire le premier, le plus impérieux de tous les besoins ; et je pourrais en dire autant des 12 millions de tonnes de houille, des 159 millions de kilogs de laine, des 10 millions de kilogs de soie, et de toutes ces autres choses qui sont réclamées, demandées par les consommateurs, que les producteurs français ne leur fournissent pas, et que le commerce a alors l'inspiration d'aller prendre au dehors, pour notre plus grande satisfaction. Et alors, quand on sollicite notre patriotisme de repousser l'invasion des blés étrangers, de tous ces produits étrangers, que veut-on dire ? que prétend-on ? Veut-on dire que la population française devra régler sa consommation sur la production intérieure ? Veut-on dire qu'elle se passera — elle fera pour cela comme elle pourra — de 11 millions d'hectolitres de blé, de 12 millions de tonnes de houille, qu'elle se passera de soie, de laine, et de tant d'autres choses encore ? Est-ce cela qu'on veut dire ? Non, n'est-ce pas ? Et alors, qu'est-ce qui se cache donc sous cette alarmante métaphore de l'invasion ?

Mon Dieu ! Les choses en sont à ce point qu'on ne se gêne plus

et qu'on ne dissimule guère : les mots, les grands mots d'invasion, d'envahissement, d'inondation servent auprès de ce peuple aux élans naïfs et généreux, à lui faire admettre la barrière douanière. Mais on sait bien que le droit d'entrée, une fois établi par la loi, plus ou moins accepté par l'opinion déconcertée, aura une influence directe de relèvement sur les prix à l'intérieur du pays, — et ce qu'on veut, c'est précisément ce relèvement des prix à l'intérieur, ce qu'on veut, c'est vendre cher son produit (1) !

§ V

Vendre cher ! Qu'est-ce que cela signifie ? Cela signifie qu'après l'établissement du droit de douane, l'acheteur devra fournir une plus grande somme de travail qu'avant, pour obtenir une même quantité des produits nécessaires à la satisfaction de ses besoins. Mais le travail, chaque homme n'en peut fournir qu'une quantité déterminée : ses facultés actives sont renfermées entre des limites assez étroites ; elles s'exercent dans le temps, et au prix d'une certaine fatigue intellectuelle ou physique. La journée finie, la fatigue venue, il faut s'arrêter, cesser de travailler ; et l'on peut dire ainsi que le travail est une sorte de quantité constante. L'acheteur ne pourra pas l'augmenter indéfiniment, et comme, d'autre part, les produits contre lesquels il l'échange auront, de par le droit de douane, pris une plus grande valeur, la même quantité de travail ne pourra plus procurer la même quantité de satisfactions : le tarif protecteur aura réduit l'effet utile du travail, diminué son rendement.

Mais on nie cette conséquence fatale du tarif protecteur : les prix seront relevés, dit-on, mais le consommateur ne s'en apercevra pas. On lui dit que l'influence de ce relèvement des prix n'agira pas jusqu'à lui, qu'elle ira s'atténuant, se dispersant, s'émiettant en quelque sorte en passant d'un producteur au suivant, d'un intermédiaire à l'autre. Je veux faire la part belle à mes contradicteurs, et je dirai : Oui, cela pourrait quelquefois arriver, mais dans quel cas ? Dans le cas où il s'agirait d'une marchandise dont l'élaboration compliquée exigerait le concours suc-

(1) Méline. Discours à la Chambre des députés, dans la discussion sur le droit de 5 francs à l'entrée du blé (6 juillet 1886) : « La loi de 1885 a été faite, personne ne saurait le nier, pour relever le cours du blé. Elle n'avait pas d'autre but..... Le but manifeste qu'on se proposait était de relever le cours du blé. » — Et plus loin, le même orateur dit encore : « J'avoue très sincèrement que je me berçais de l'espoir que le cours du blé allait se relever. »

cessif d'un grand nombre d'industries, et dont la matière première originaire serait seule frappée d'un droit de douane. Pour arriver du minerai, ou même seulement de la fonte, à un objet de coutellerie, il faut que la matière passe de mains en mains, qu'elle reçoive un grand nombre de façons successives et coûteuses, si bien qu'à la fin, la valeur du travail incorporé à l'objet est de beaucoup supérieure à la valeur de la matière brute elle-même, et que la surélévation du prix de cette dernière devient de moins en moins sensible. Cela pourrait arriver dans ce cas très particulier; mais cela n'arrive pas, car la matière brute ne jouit pas seule du bénéfice de la protection; les produits finis qui en dérivent ont leur part : eux aussi, on a dû les protéger, et alors l'influence du droit de douane va directement au consommateur. Et si celui-ci ne s'en aperçoit pas trop encore, c'est que le commerçant de détail, sentant l'inconvénient d'augmenter ses prix, se retourne d'un autre côté, et s'arrange pour ne pas livrer tout à fait la même quantité ou la même qualité. Et, enfin, comme il s'agit souvent de dépenses quotidiennes, multiples et de faible importance chacune, le consommateur sent faiblement, à chacune de ces incessantes transactions, la petite fraction supplémentaire de son salaire ou de son revenu qui lui est ainsi enlevée, et on peut croire alors qu'on a réussi « à plumer la poule sans la faire crier ».

En réalité, cependant, le consommateur éprouve bien les effets du relèvement des prix : sa faculté de consommation en est diminuée, son travail a perdu de sa valeur, de sa fécondité, et l'ensemble des forces productives du pays voit diminuer sa puissance.

Mais l'on dit : Comment faire? nous produisons dans de moins bonnes conditions que nos concurrents étrangers, nos prix de revient sont plus élevés, et, entraînés par leur argument, les protectionnistes accusent notre sol de stérilité; la terre de France est pour eux une marâtre récalcitrante et inféconde, il faut la violenter pour lui arracher ses maigres bienfaits, tandis qu'autour de nous la nature clémente et prodigue livre sans résistance tous ses biens aux heureux habitants de ces régions plus fortunées.

Je pourrais répondre qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme de modifier les lois mystérieuses qui ont présidé à la formation de notre globe, à la distribution des climats, à la répartition des richesses naturelles; qu'à vouloir violenter le grand œuvre de la nature on s'userait, nouveaux Sisyphes, en d'incessants et d'inutiles efforts; je pourrais dire, avec le proverbe arabe : Ne tire pas

d'huile du caillou; et je pourrais ajouter que chacun a sa destinée et que, dans l'ordre de la production des biens, chacun ne devrait faire que ce à quoi il est le mieux propre, de par son sol, son climat, ses facultés, ses aptitudes.

Voilà ce qu'on pourrait répondre et l'on serait dans l'absolue vérité.

Mais cette vérité, est-ce une vérité désolante pour notre pays? Y est-on réellement placé par la nature dans cette condition malheureuse de ne pouvoir rien y produire qui ne puisse être mieux et au prix d'un moindre effort produit chez les peuples voisins? Ah! s'il en était ainsi, il n'y aurait plus à discuter les conditions de la prospérité de ce peuple infortuné! L'humanité aurait fui depuis longtemps cette terre maudite, et des bords du Rhin aux rivages de l'Océan s'étendrait, silencieux et morne, un vaste désert. Mais, puisque notre race y a vécu, qu'elle y a une longue et glorieuse histoire, puisque la France est restée un objet de convoitise, puisque plus d'un peuple envie la condition de ses enfants, puisqu'on dit encore qu'elle est riche, c'est qu'elle n'est pas aussi déshéritée qu'on voudrait nous le faire croire, c'est que la nature répond à ses efforts et que son travail porte des fruits.

Et cette affirmation, ce n'est pas l'illusion d'un patriotisme obstiné qui me l'inspire. Elle résulte de l'examen sérieux et impartial des faits. A quel signe, en effet, peut-on reconnaître qu'une industrie est rationnellement établie, qu'elle a sa raison d'être? A ce signe, n'est-ce pas, qu'elle donne un bénéfice à ceux qui l'exercent. Et le bénéfice, qu'est-ce? C'est la différence entre le prix de vente et le prix de revient.

Le prix de vente, nous, public, le connaissons-nous? Nous connaissons bien le prix de détail, — celui-là on n'a garde de nous le cacher, — c'est nous qui le versons; mais le prix de vente en gros, celui de l'industriel au commissionnaire ou au marchand, nous l'ignorons. Nous savons seulement qu'il est inférieur au prix de détail. Encore moins connaissons-nous le prix de revient. C'est bien, cependant, en soutenant que leurs prix de revient ne sont pas rémunérateurs, c'est-à-dire qu'ils sont ou égaux ou supérieurs à leurs prix de vente, que certains industriels croient légitimer leurs revendications douanières. Mais, cette déclaration, ils n'en font pas la preuve. Aucun ne met sa comptabilité sous les yeux — je ne dis pas du public — mais de ceux qui ont le pouvoir d'établir les taxes de douane, et une fois de plus ils semblent, en vérité, prétendre que le maître doit être cru sur sa simple affirma-

tion. Si on nous les ouvrait, ces livres, nous y verrions peut-être qu'un industriel est plus habile qu'un autre, qu'il est plus assidu à suivre la marche de ses affaires; qu'il sait mieux acheter ses matières premières, mieux vendre ses produits finis; qu'il sait mettre à profit les découvertes incessantes que les savants, dans leur désintéressement, dans leur pur amour de la recherche, lui livrent tous les jours; que son organisation, que la répartition des forces qu'il emploie est plus judicieusement faite, et que c'est pour tous ces motifs réunis que l'un prospère, tandis que l'autre végète et s'en va à la ruine

§ VI

Mais n'insistons pas : ne cherchons pas à pénétrer des secrets qu'on veut nous cacher. Aussi bien, ce que nous pouvons connaître suffit-il à démontrer que notre pays n'est pas, au point de vue de la production, dans ces conditions d'infériorité dont se prévalent ceux qui demandent le maintien — avec aggravation — du tarif des douanes.

L'importance et la généralité de nos exportations est le grand fait auquel je fais allusion, et sur lequel je vous demande la permission de m'arrêter un instant.

Reprenons les tableaux que nous examinions tout à l'heure, et dont les éléments ont été puisés aux sources officielles (1).

Ils nous font voir que, d'une façon continue, plus de la moitié de notre exportation consiste en objets fabriqués, et que, par contre, les produits fabriqués à l'étranger qui viennent sur notre marché intérieur, représentent à peine un septième ou un huitième de notre importation totale, et un peu moins du tiers de la valeur de notre propre exportation de produits fabriqués.

En ce qui concerne seulement les produits industriels, si nous nous arrêtons aux constatations résumées dans ces tableaux, nous voyons que notre pays est résolument exportateur de tissus de toute nature, de machines, d'outils et d'ouvrages en métaux. d'ouvrages en peaux, de modes, de confections, de tabletterie, terme générique sous lequel la douane comprend tous les produits divers, et souvent si ingénieux, de cette industrie si éminemment française qu'on appelle l'industrie dé l'article de Paris. Et ce n'est pas par petites quantités que procède ce mouvement de nos produits vers les marchés étrangers; on évalue à 106 millions le sucre

(1) Voir aux pièces annexées.

exporté. L'industrie de la soie figure à la sortie pour 248 millions, les tissus de laine pour 336 millions, ceux de coton pour 114 millions, les machines, les outils, ensemble pour 135 millions ; l'industrie qui met en œuvre les peaux, la confection, les modes, la tabletterie réunies, près de 400 millions.

A un degré moindre, des matières déjà élaborées, mais qui ne sont pas encore à l'état de produit immédiatement propre à être consommé, fournissent encore un appoint à notre exportation : tels sont les filés des divers textiles, ceux de coton 3 millions, ceux de laine 51 millions, ceux de lin, chanvre, jute, ensemble plus de 13 millions ; les peaux préparées, 108 millions ; les produits chimiques, 51 millions, et jusqu'aux produits de la métallurgie, fonte, fer, acier, dont l'exportation en 1889 a atteint une valeur de plus de 22 millions, ce qui représente déjà près de 7 0/0 de la production.

Toute cette masse de produits mis en valeur par notre industrie s'en va donc sur les marchés étrangers ; ils s'y rencontrent avec les produits similaires des autres pays producteurs, avec les produits anglais, allemands, suisses, et les chiffres que je viens de citer montrent bien qu'ils sont en état d'affronter sans échec toutes ces concurrences.

Si donc sur ces marchés étrangers, où tous les producteurs se rencontrent sur le pied d'une parfaite égalité devant les acheteurs, si sur ces marchés, notre industrie place une telle quantité de ses produits, n'en faut-il pas conclure que ses prix de revient ne sont pas sensiblement plus désavantageux que ceux de ses concurrents (1)?

Quels sont d'ailleurs les éléments de tout prix de revient industriel? Ce sont les intérêts des capitaux, les frais généraux d'administration et de direction, la main-d'œuvre, la valeur de l'outillage, le prix des matières.

Quels sont donc parmi ces éléments ceux qui nous constitueraient en infériorité vis-à-vis de nos voisins? Le capital? il s'obtient aujourd'hui en France, à aussi bas prix à peu près qu'en Angleterre, au même prix qu'en Belgique et en Suisse, à meilleur prix qu'en Allemagne ; les frais généraux d'administration et de direction ne diffèrent pas sensiblement d'un pays à l'autre : quant à la

(1) « Il est absolument évident qu'il y a contradiction entre les deux termes *protection* et *exportation* : si nous pouvions être exportateurs de produits métallurgiques, le système protecteur deviendrait inutile. » M. Euverte. Procès-verbal de la séance du 15 mars 1889 de la Société des Ingénieurs civils. — Ainsi, d'après notre honorable collègue, la protection est inutile à toute industrie qui exporte : c'est ce que je dis.

main-d'œuvre, elle était autrefois un peu plus élevée en Angleterre qu'en France, un peu plus élevée en France qu'en Belgique, et surtout qu'en Allemagne. A y bien regarder d'ailleurs, les différences étaient moins accentuées quand on comparait les prix d'un district industriel d'un pays avec ceux d'un district également industriel dans le pays voisin. Mais enfin, aujourd'hui, existe-t-il encore des différences appréciables ? Les événements n'ont-ils pas passé sur toutes un niveau qui les atténue sensiblement ?

Sans être grand prophète, on peut prendre sur soi d'affirmer que le jour est prochain où, d'un bout à l'autre de l'Europe industrielle, les salaires seront très approximativement les mêmes. Ceci pour le prix de la main-d'œuvre. Quant à sa valeur de production, personne ne dit, je crois, que cette valeur est moindre en France qu'ailleurs. Nombre d'indices permettent même, dans bien des cas, d'affirmer qu'elle est supérieure.

Restent donc l'outillage et les matières premières. Dès aujourd'hui, les machines, les chaudières, les outils de toute sorte, sont frappés d'un droit de douane, qui n'est certes pas négligeable, puisqu'il varie de 60 à 100 *f* par 1 000 *kg*.

C'est une aggravation de 8 à 10 0/0 du prix. Coûtant plus cher, l'outillage entre pour un quantum plus considérable dans le prix de revient. Il exige, en outre, une mise de fonds plus importante; l'industriel a une tendance à le restreindre quand il en fait l'acquisition, et à hésiter à le remplacer au moment même indiqué par l'incessant progrès. A cet égard, il est vrai, nous sommes de pair avec l'Allemagne, mais les industriels belges et anglais ont sur les nôtres un réel avantage. Il en est de même pour les matières premières.

Expliquons-nous, si vous le voulez bien, sur ce dernier point.

Dans le langage qui a prévalu depuis 1860, il semble que l'on entend par *matières premières* seulement celles qui sont directement tirées du sol par les industries extractives. Mais pour devenir propres à l'usage de l'homme, ces matières doivent subir une série souvent très multiple d'élaborations qui leur sont données par des industries successives.

Il en résulte que l'expression de *matière première* doit être étendue, et que la matière première d'une industrie est le produit fini de celle qui la précède dans la série des élaborations. La laine est la matière première du fil, qui est la matière du tissu ; le minerai, le combustible sont la matière première de la fonte ; la fonte est la matière première du fer ou de l'acier, qui sont à leur tour la

matière première d'autres industries, dont les produits passent encore souvent par d'autres mains avant de devenir l'organe définitif d'une machine prête à servir. Des mains de l'industrie, le produit passe dans celles du commerce, et souvent encore il ressort de celles-ci pour subir dans plusieurs industries de détail les modifications qui le rendent définitivement propre à l'usage de l'homme.

Si, à un moment quelconque de ces transmissions successives du produit d'une industrie à l'autre, le droit de douane vient en aggraver le prix, toutes les industries subséquentes en éprouvent l'effet. Elles réclament alors une protection qu'on voudrait faire équivalente à celle accordée à l'industrie qui les précède. On ne réussit pas à établir cette équivalence. En tout cas, cette protection, quelle qu'elle soit, ne peut avoir pour celui à qui elle s'applique d'effet utile que sur le marché intérieur. Au dehors, elle laisse l'industrie considérée avec l'infériorité que lui constitue un prix de revient plus élevé par suite de l'aggravation du prix de sa matière première.

Cet inconvénient n'existe pas en Angleterre: il existe un peu en Belgique ; il existe partiellement, mais déjà d'une façon fort grave, en France sous le régime inauguré par le traité de 1860. Le traité de 1860 voulait que les matières premières fussent exemptes ; mais il interprétait l'expression matières premières dans le sens étroit et restrictif que j'ai critiqué plus haut, et ne l'appliquait qu'aux produits immédiats des industries extractives — avec encore des exceptions, telle que le droit de 1,20 *f* par tonne sur le charbon. — Mais dès la première transformation subie, le produit cesse d'être considéré comme matière première et est l'objet d'un droit de douane : tel est le cas de la fonte, du fer, de l'acier, des filés de tous les textiles, etc., et alors, à leur tour, tous les produits subséquents sont l'objet des inégales faveurs du tarif. Telle est la situation actuelle en France. On est heureux de constater, comme nous l'avons fait tout à l'heure, que nonobstant l'aggravation du prix de revient qui en résulte pour les produits définitifs, beaucoup de ceux-ci ont pu se maintenir sur les marchés extérieurs. Quelle place n'y auraient-ils pas, si cet obstacle à leur expansion n'avait pas existé !

Mais cette situation ne suffit pas au protectionnisme et il est question de frapper le droit à l'origine même des élaborations, sur les matières premières immédiates, les textiles, les graines oléagineuses, et le reste.

Ce régime, qui sera peut-être bientôt celui de l'industrie française, est dès aujourd'hui celui de l'Allemagne et des États-Unis. Dans ces deux pays, ses effets sont appréciés de même.

Voici comment, après avoir constaté le mouvement d'arrêt et même de recul du commerce extérieur de l'Allemagne, s'exprimait récemment un journal de Berlin (1) :

« Le système protectionniste ne réussit pas à arrêter les importations, mais il augmente le prix des matières premières et diminue ainsi sur le marché international la puissance de concurrence » du pays où il est appliqué. Il constitue en même temps un impôt » sur le consommateur. Ce système n'a profité qu'aux syndicats » de producteurs et n'a eu pour résultat que la hausse de prix » de toutes choses, hausse dont les ouvriers réclament aujourd'hui » leur part. »

Aux États-Unis, également, vous le savez, la protection douanière s'étend à tout. Voici, quant à ses résultats, ce qu'en disait dans un document officiel il y a quatre ans, un des hommes les mieux placés pour les apprécier, M. Manning, secrétaire du Trésor, en 1886 (2) : « Les droits sur les matières premières imposent » à notre industrie des frais de production aussi élevés que possible, et nous enlèvent sur le marché international les avantages » propres aux États-Unis quand il s'agit d'articles fabriqués chez » nous avec les produits soumis à notre tarif..... Ne pouvant placer leurs produits au dehors, nos producteurs en sont arrivés à » se faire sur notre marché une concurrence des plus violentes. » Les salaires souffrent cruellement de cet état de choses..... » Notre politique soi-disant protectrice leur a été, en fait, absolument nuisible. Elle a sacrifié les masses à quelques milliers » de privilégiés. Elle leur a refusé pendant vingt ans les fruits » de la paix et de la liberté. »

Telle est donc la conséquence forcée des droits de douane sur les matières premières de toutes les industries. Ils augmentent le prix de revient et par suite, diminuent la productivité de l'industrie et la puissance de concurrence du commerce.

Cela est tellement vrai que, de toutes parts, se font entendre actuellement des protestations contre les droits sur les matières premières. Beaucoup de Chambres de commerce, très protectionnistes en ce qui concerne les produits de leurs industries, ne reculent

(1) Cité par le *Journal des Chambres de commerce*, numéro du 5 octobre 1889. — Page 309.

(2) Extrait de l'*Annual Report* pour 1886, cité par *l'Economiste français* du 12 février 1887.

cependant pas devant la contradiction et n'hésitent pas à déclarer que tout droit sur les matières employées par ces industries serait leur ruine (1). Il est d'ailleurs superflu de faire remarquer combien cette façon d'être protectionniste pour soi et libre-échangiste pour les autres enlève d'autorité à ces déclarations.

Non, Messieurs, soyons logiques, soyons justes : constatons que les prix de revient des plus importantes de nos industries n'empêchent pas leur expansion, puisque dès maintenant leur exportation est considérable; rendons-nous compte que toute taxe qui relève le prix des matières premières a pour effet d'augmenter le prix de revient et, par suite, de diminuer la fécondité du travail; et comprenons bien que diminuer la fécondité du travail, c'est rendre les produits moins accessibles au consommateur, que c'est aussi restreindre l'activité de l'industrie, fermer peut-être ses usines, et imposer aux ouvriers le chômage et la misère; et enfin rendons-nous compte que les droits actuels sont un des principaux obstacles à l'essor de notre production, et tâchons d'évaluer ce que serait celle-ci, si, débarrassée de toute entrave, de toute contrainte, elle pouvait prendre tout l'essor que lui assignent le génie, l'intelligence et les vertus laborieuses de notre race.

Et alors, Messieurs, nous arrivons à cette conclusion très nette : pas de droits sur les matières premières, à commencer par celles que les industries extractives font sortir du sol.

§ VII

Cette conclusion, n'est-il pas vrai, paraît quelque peu aventureuse étant données les tendances de l'heure actuelle. On a fait un tableau navrant des misères qui fondent sur l'agriculture : on est plus réservé quant à la métallurgie ; mais ce tableau, reproduit, sous toutes les formes, dans toutes les dimensions, on le fait passer chaque jour sous les yeux du public qui ne laisse pas que d'en être impressionné.

Je pourrais avoir la curiosité légitime d'examiner si ce tableau, on ne l'a pas fait trop sombre, si on n'a pas trop chargé les couleurs, si ces misères sont aussi grandes, aussi réelles qu'on le dit : je pourrais rechercher aussi comment ces souffrances dont on parle sont réparties, voir qui les supporte ; mais il faut savoir se borner. J'admets donc au moins pour le moment, et sous réserve

(1) Voir entre autres les réponses faites au questionnaire par les Chambres de commerce d'Amiens, Lille, Rouen, Elbeuf, Flers, Sedan, Roubaix, Troyes.

d'examen, tout ce qu'on dit des souffrances de l'agriculture, je l'admets, avec un grand serrement de cœur, car labourage et pâturage restent encore les deux mamelles de la France, et c'est grande pitié d'apprendre qu'elles vont bientôt se tarir.

Ceci admis, un cri vient tout de suite aux lèvres : Mais le remède, il doit y avoir un remède? Et on nous répond : Oui, il y a un remède, protégez l'agriculture : le droit de douane, voilà le remède !

J'ai trop fait connaître déjà ma pensée sur le droit de douane pour ne pas examiner si c'est bien le remède dans le cas actuel. Cet examen, permettez-moi de le faire brièvement devant vous.

Les produits de l'agriculture rentrent dans les deux grandes catégories :

Objets d'alimentation ;

Matières premières de l'industrie.

En ce qui concerne ces dernières, l'agriculture est manifestement insuffisante à pourvoir aux demandes des manufactures.

On élabore à Lyon, à Saint-Étienne, près de 7 millions de kilogrammes de soie : l'agriculture en produit 800 000 *kg*.

Il faut 200 millions de kilogrammes de laine : l'agriculture en offre 55 millions.

Pour le lin, sur 100 millions de kilogrammes élaborés par l'industrie, l'apport de l'agriculture est de 32 millions de kilogrammes, le tiers à peu près.

L'importation ajoute au chanvre produit dans le pays une masse de près de 13 millions de kilogrammes ; et le coton, et le jute, le phormium et tous ces textiles que nous envoient les pays lointains, dont pas une fibre, pas un flocon ne croît sur notre sol, l'agriculture peut-elle entreprendre d'y suppléer? On introduit encore pour être travaillés, en France, près de 3 millions de cuirs, et je ne sais combien de millions de peaux d'animaux de la race ovine. Notre cheptel peut-il les donner aux tanneurs?

En dépit du droit vraiment excessif de 0,25 *f* par kilogramme qui avait pour but de repousser l'invasion du pétrole, les surfaces ensemencées en graines oléagineuses se réduisent d'année en année. Le colza couvrait 201 000 *ha* en 1860, il en occupe 60 000 en 1887 ; les graines de lin, de chanvre, d'œillette, de navette, ont subi des réductions analogues (1). Les agriculteurs trouvent à faire

(1) Voir de Foville, *la France Économique*, 2e édition, pages 131, 229, et *passim*. La haute critique scientifique de son auteur est un garant de l'exactitude des renseignements contenus dans cet excellent ouvrage.

un meilleur emploi de leurs terres, et ils ne voudraient certainement pas prendre l'engagement de fournir à nos savonneries l'équivalent des 180 millions de francs de graines exotiques, sésames, arachides et autres que nous importons.

Mettre un droit à l'entrée de ces matières premières, c'est relever le prix général à l'intérieur. Au premier moment, les quelques agriculteurs français qui sont encore dans de bonnes conditions pour se livrer à ces cultures, trouveront tout bénéfice à cette augmentation de prix. Mais cette satisfaction sera de courte durée, car le relèvement des prix diminuera la consommation, qui ne pourra être stimulée à nouveau que par des sacrifices consentis par les producteurs. Et sans entrer dans le détail, ne voit-on pas qu'augmenter ainsi le prix de revient de nos tissus, de nos ouvrages en peaux, de nos savons, c'est restreindre au dehors l'étendue des marchés où ils trouvent à se placer? Vente restreinte, production diminuée, chômage : ces trois termes se tiennent, et pour un très petit avantage donné à quelques agriculteurs, voudra-t-on exposer à tous les maux que comporte une réduction de travail des industries comme celles de Lyon, de Roubaix, de Tourcoing, de Reims, d'Elbeuf, de Sedan pour les tissus, de Marseille pour les huiles, les savons, et de bien d'autres centres laborieux ?

Voyons maintenant les matières alimentaires.

En 1888, nous avons importé 1 507 millions de francs de matières alimentaires. Nous en avons exporté pour 727 millions. Les résultats de 1889 sont en diminution d'une cinquantaine de millions pour l'importation, en augmentation de près de 150 millions à l'exportation.

Entrons un peu dans le détail (1).

Nous exportons un peu moins de bœufs que nous n'en importons : 25 000 têtes au lieu de 29.500. Nous importons beaucoup de moutons, ce produit des vastes espaces sans valeur. Par contre, nous sommes résolument exportateurs de veaux, de porcs, de chevaux et de mulets. Nous le sommes aussi des produits de la ferme, beurres, fromages, œufs, volailles, etc., qui représentent ensemble au commerce extérieur 153 millions en 1888, et plus de 177 millions en 1889. Nous exportons des fleurs, des graines, des oignons de fleurs, pour plusieurs millions de francs. Ce n'est pas encore là que nous pouvons trouver des indices de décadence et de ruine.

(1) Voir aux annexes.

Pour les boissons, un grand fait s'est produit : une grande catastrophe a frappé une des plus riches cultures françaises; le phylloxera a semé la stérilité dans nos vignobles. Il a fallu cependant pourvoir aux besoins de la population, et l'importation des vins qui était presque nulle en 1865, a atteint 518 millions de francs en 1886. C'était un maximum. Grâce à la tenace persévérance de nos vignerons, le domaine vinicole se reconstitue ; l'importation des vins n'était plus que de 437 millions en 1888; elle est descendue à 387 millions en 1889.

Et pendant ce temps-là, par des efforts considérables, le commerce des vins a réussi à sauvegarder le marché extérieur ; il a transformé si heureusement, si habilement ces vins étrangers, qu'il a pu continuer à offrir à sa vaste clientèle des produits à peine dissemblables de ceux qu'il lui fournissait avant l'apparition du fléau, et notre exportation de vins, tout en ayant baissé d'une quantité importante, tient encore une grande place dans nos affaires : elle était en 1888 de 2 118 000 *hl*, représentant une valeur de 242 millions et demi, soit 114 *f* à l'hectolitre. Elle est un peu plus élevée en 1889. De même pour les eaux-de-vie, dont l'exportation se maintient aux environs de 70 millions.

§ VIII

Mais venons à la grosse question, au blé. On en a importé 11 358 000 hectolitres en 1888 ! c'est beaucoup. Et en outre, on a importé 186 mille quintaux de farine (déduction faite de l'exportation). Et quelle est la raison de cette importation considérable?

Je l'ai dit tout à l'heure, le blé étranger ne se substitue pas au blé français : il supplée à son insuffisance.

Il y a une relation très nette entre la récolte et l'importation (1) : en 1872, la récolte donnait 119 millions d'hectolitres, et 136 en 1874. L'importation est nulle. Puis vient toute une suite d'années malheureuses, de 1876 à 1882 : l'importation atteint 22 millions d'hectolitres en 79 et, dans toute la période, ne descend pas au-dessous de 13 millions. De 1883 à 1887, la récolte est un peu meilleure : l'importation décroit; elle est de 6 millions et demi d'hectolitres en 1885, de 7 millions l'année suivante. La récolte de 1888 est faible : l'importation augmente.

(1) De Foville. *France économique*, chap. VIII, page 106.

Et il faut bien qu'il en soit ainsi ; et il faut bien se féliciter de ce qu'il peut en être ainsi. Il faut bien manger !

Nos exportations nous constituent, heureusement, créanciers de l'étranger. Nous en profitons pour lui acheter le complément nécessaire de notre nourriture, et quel que soit le prix mis à celle-ci, il faudra bien l'introduire chez nous, sous peine d'être moins bien nourris.

Le droit de 5 *f* sur le quintal de blé n'a donc pas arrêté l'invasion des blés étrangers : il ne l'a ni modérée ni réglée ; elle est entrée dans la mesure où elle était nécessaire à la satisfaction de nos besoins.

Mais le droit de 5 *f* a eu une autre conséquence : il a relevé les prix à l'intérieur.

Voici la situation au mois d'avril dernier :

Dans les ports de Rouen et du Havre, le blé exotique se vend à l'acquitté, les 100 *kg.*	*f*	25 »
Retranchons le droit		5 »
RESTE	*f*	20 »

D'autre part, sur les marchés de la Seine-Inférieure, les blés de qualité analogue aux blés américains se vendaient 24 *f;* s'il n'y avait pas le droit de douane, il y aurait égalité de prix entre les deux marchés, et le blé à Bolbec se vendrait, comme la cargaison flottante au Havre, 20 *f.* Le droit produit donc en ce moment sur les prix à l'intérieur une plus-value de 4 *f* par quintal. C'est une augmentation de 20 0/0. A raison de 80 millions de quintaux de production indigène multipliés par 4 *f*, c'est 320 millions de francs. Telle est la contribution levée sur le pays.

Le producteur s'en trouve bien, nous dit-on. Je le crois sans peine ; surtout en présence de ce fait que les exploitations agricoles qui font assez de blé pour en vendre en quantité notable sont en petite minorité numérique, puisque ce sont seulement les exploitations de 40 *ht* et au-dessus (1). Tout le reste des agriculteurs n'en profite pas et, comme tout le reste du pays, en pâtit.

Mais non, s'est-on écrié, le pays ne souffre pas du haut prix mis sur le blé, le consommateur ne s'en aperçoit même pas, et on a cité le mot devenu célèbre de M. Pouyer-Quertier : « Le droit de » 5 *f* sur les blés n'a pas fait enchérir le prix du pain ! »

(1) 142 088 exploitations de 40 *ht* et au-dessus. (*Statistique agricole de 1882*, publiée en 1887).

Voila qui, je l'avoue, me paraît bien extraordinaire, et j'ai toujours cru qu'en parlant ainsi M. Pouyer-Quertier avait pensé à ce pain de *fantaisie*, qu'on ne pèse pas quand on le vend, qui s'appelle toujours pain de deux livres, qu'il pèse un peu plus ou un peu moins, et qui est le pain préféré de la population des grandes villes, de Paris notamment. Mais même dans ces conditions, la spirituelle saillie du grand champion du protectionisme a cessé d'être de mise. Les boulangers ne pouvaient pas, en effet, conserver pour eux cette surcharge; ils l'ont répartie sur leurs clients, et le pain a augmenté à Paris : il est passé de 0,70 à 0,81 *f* les 2 *kg* (1). Il a augmenté en province; et cette augmentation n'a pas été sans émouvoir les populations, notamment à Marseille, dans la Nièvre, dans le Cher et ailleurs. Et enfin! on avait taxé le blé, on avait taxé la farine, on avait taxé le biscuit; on n'avait pas taxé le pain à l'entrée : peut-être n'avait-on pas osé! Eh bien! par cette fissure du tarif — des œuvres de ce genre comportent toujours des fissures et des anomalies — par cette fissure, le pain franchit nos frontières : on le fabrique en grand en Belgique, en Suisse, à notre intention. On en a importé 28 millions de kilogrammes en 1889!

Mais, objecte-t-on, comment faire? Le quintal de blé nous revient à 25 *f*, soit l'hectolitre à 18,75 *f*. Et c'est là un chiffre incontestable, légendaire, consacré, qui a servi de pivot à toute l'argumentation en faveur du droit de 5 *f*. Oui, 25 *f*, tel est le prix de revient déclaré du quintal de blé (2). Mais comment y arrive-t-on à ce chiffre fatal? Eh bien! c'est un chiffre moyen; on dit : en moyenne, les frais de culture des céréales s'élèvent à 280 ou 300 *f* par hectare; la production moyenne est de 15 *hl* ou 12 *qtx* à l'hectare, donc le prix de revient moyen du quintal est le quotient de 300 par 12, soit 25 *f*. C'est bien clair, bien net, bien formel. Ah! Messieurs, voici bien une preuve de la circonspection avec laquelle il faut baser un raisonnement sur les données de la statistique.

Prenons la liste des départements français classés par ordre de production du blé (3).

Nous y trouvons bien un département, le Cher, dont le rendement est de 15 *hl* à l'hectare. Mais il y a au-dessus de lui 43 départements qui produisent plus de 15 *hl*, jusqu'à 25 et 29 *hl* en Seine-et-Oise; et au-dessous, il y en a précisément le même nombre, qui produisent moins, beaucoup moins, puisque 14 d'entre

(1) *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, décembre 1889.
(2) M. Méline. Discours sur le droit de 5 *f* à la Chambre des députés.
(3) Deuxième série des *Etudes agronomiques*, de L. Grandeau, page 59.

eux produisent moins de 10 *hl*, que le Gard n'en produit pas 7, que la Creuse n'en produit pas seulement 5 !

Et on ne peut pas mettre ces énormes différences entièrement sur le compte du climat et du sol, les différences s'accusent non de région à région, mais entre départements voisins. Dans la région du Midi, ne voyons-nous pas des départements comme le Puy-de-Dôme, les Bouches-du-Rhône, les Hautes-Pyrénées, l'Isère dont les rendements sont compris entre 18 et 20 *hl*, tandis que le Vaucluse ne produit que 8,76 *hl*, la Drôme 8,26 *hl*, et la Creuse ce chiffre vraiment lamentable de 5 *hl* ! Et de même, quoique à un moindre degré, dans la région septentrionale : l'Aisne donne 24 *hl*, les Ardennes 15 *hl* 1/2 ; Seine-et-Marne a un rendement supérieur à 23 *hl*, la Haute-Marne n'en donne que 14 ; la Seine-Inférieure produit 24,67 *hl*, la Manche 12,94. Et, en présence de ces énormes différences, quel rôle va jouer le droit de 5 *f* qui rehausse d'une manière uniforme le prix du blé? Il donne trop aux uns, qui n'en ont pas besoin, et pas assez aux autres, qui n'en resteront pas moins dans la misère, et, au rebours, je veux le croire, des intentions de ceux qui l'ont établi, il consacre l'inégalité au détriment du plus pauvre.

Ainsi donc, si la production moyenne n'est pas rémunératrice, elle ne le deviendra pas par l'établissement du droit de douane. Le droit de douane n'est pas le remède.

Mais la situation n'est pas sans issue. Il faut bien le dire, dans ce siècle de progrès, de sciences, de découvertes, d'applications merveilleuses, l'agriculture, à l'encontre d'autres branches de l'activité sociale, s'est attardée. On est resté trop attaché aux coutumes anciennes, tranchons le mot, à la routine. On reste chez nous à ce rendement de 15 *hl*, tandis qu'en Angleterre il est de 27,7 et en Belgique, de 25 (1). Il est vrai que pour cultiver 9 millions d'hectares en terres labourables, l'Angleterre importe annuellement 457 000 *t* d'engrais ; tandis que pour nos 28 millions d'hectares, on se contente de 120 000 *t*, ce qui revient à dire que à surface égale, nous importons douze fois moins d'engrais que l'Angleterre.

Messieurs, ce que disent, ce qu'affirment tous les hommes à la fois praticiens et savants qui, sans préoccupation d'intérêt personnel, se sont dévoués à cette question, ce qu'ils démontrent par des faits constants, multipliés, étendus, c'est qu'il est des procédés

(1) Grandeau. *Études agronomiques*, 2e série, page 56.

sûrs, accessibles à tous, qui à la fois augmentent les rendements de l'agriculture et diminuent les prix de revient dans des conditions telles qu'on n'a plus, quand on y recourt, à craindre aucune concurrence du dehors (1) : c'est que ces procédés sont applicables immédiatement et immédiatement féconds.

Et vous voudrez bien, Messieurs, que je saisisse cette occasion de rendre un public hommage à l'un de ces hommes, qui s'est donné avec une ardeur et un dévouement admirables à la propagation de ces enseignements sauveurs : c'est M. Grandeau. Je ne ferai jamais mieux que de vous engager à le lire. Vous sortirez de cette lecture, convaincus que ce savant dévoué, ce grand patriote ouvre aux agriculteurs la seule voie rationnelle, la seule féconde pour l'amélioration des procédés de culture, et qu'au contraire, l'inefficace protection du tarif des douanes ne les empêchera pas de marcher de plus en plus vers leur ruine.

Le droit de douane donne peut-être aux cultivateurs — et ce n'est pas là son moindre danger — l'illusion d'un gain obtenu sans efforts personnels, illusion qui éteindra toute ardeur pour le progrès et qui aura, en outre, cette autre conséquence malheureuse de ranimer la concurrence entre les cultivateurs pour le louage des terres, au profit principal du propriétaire.

Le propriétaire jouit du privilège singulier de voir le taux de son revenu demeurer immuable, tandis que pour tous les autres placements l'intérêt a baissé de près des 2/5. Qu'il ne s'endorme pas dans cette situation privilégiée, qu'il devienne un peu plus qu'il ne l'est, l'associé, le conseil, le prêteur de son fermier : il faut des avances à la terre, des avances modérées, mais encore telles que le fermier ne peut pas toujours les faire (2) ; c'est au propriétaire à les lui fournir.

L'Etat aussi a sa part de devoirs. M. Grandeau que j'aime à citer les a énumérés à diverses reprises. « Au Parlement, dit-il, incombe » la tâche de placer au premier rang de ses préoccupations la » confection de lois favorables à l'exploitation du sol, à la réunion » des parcelles (3) ; les lois sur la répression de la fraude dans le » commerce des engrais et des semences ; la législation sur les

(1) Dans l'Est de la France, en 1885, on pouvait, en grande culture, dans les terres convenablement traitées, obtenir du blé à moins de 11 *f* le quintal, avec un rendement sensiblement double du rendement moyen de la France pour la même année. — L. Grandeau, *Et. agron.*, 2e série, page 105.

(2) L'avance à faire au sol en fumiers et semences pour porter la récolte moyenne à 25 *hl*, n'excède pas 100 à 150 *f* par hectare. — (Grandeau, *Et. agron.*, 4e série, p. 293.)

(3) L'enquête agricole de 1882 (la dernière en date) constate l'existence de onze millions de parcelles culturales de moins d'un hectare.

» successions... et tant d'autres réformes et améliorations dont la » plus efficace, dans un avenir prochain, serait la diffusion des » connaissances agricoles dans nos populations rurales (1). »

Ce que nous venons de dire du blé est applicable à toutes les autres cultures : augmenter les rendements (2), diminuer les prix de revient par l'emploi des procédés qu'enseigne la science ; en dehors de cela, la prétendue protection douanière n'est qu'un leurre ; elle charge le pays d'une lourde contribution, sans améliorer la condition du cultivateur (3).

§ IX

Messieurs, je n'ai déjà que trop retenu votre attention, et je ne voudrais pas abuser de votre bienveillance. Cependant, après avoir parlé de l'agriculture et avoir cherché à démontrer que la protection douanière ne lui est pas nécessaire, il est impossible que, dans cette réunion surtout, je n'envisage pas, au moins en quelques mots, la situation vis-à-vis de la protection, de l'autre grande industrie extractive qui tire des entrailles du sol les métaux et les combustibles, et de l'industrie sidérurgique qui est connexe.

Quelle est la situation de l'industrie minérale ? Mettons tout de suite hors de cause les mines métalliques autres que celles de fer. Personne ne semble s'en occuper ; et il paraît certain qu'elles ne seront pas comprises dans la large distribution de faveurs douanières qui s'annonce. Et pourtant, il y a en France des gisements de presque tous les métaux, dont beaucoup ont été exploités, dans lesquels on a inverti des capitaux, et qui rendraient peut-être encore, si on les protégeait.

La raison de l'indifférence dont elles sont l'objet, je ne la chercherai pas en ce moment ; je constate seulement qu'il y a là, de la part de la protection, une inégalité de traitement. Elle en est coutumière, nous l'avons déjà pu voir.

L'exploitation des combustibles minéraux est en grand progrès dans notre pays. La production s'est légèrement accrue ; mais

(1) L. Grandeau. *Etudes agronomiques*, 2e série, page 15.

(2) En élevant de très peu son rendement, en le mettant au niveau des pays qui l'entourent, il serait facile à l'agriculture française, non seulement de combler notre déficit en froment, mais même d'avoir un excédent à écouler au dehors. Nos agriculteurs le peuvent, ils le doivent. E. Tisserand, Conseiller d'Etat, Directeur de l'Agriculture. Page 23. *Statistique agricole décennale de 1882* (publiée le 1er janvier 1886).

(3) L'agriculture ! c'est l'éternelle dupe de ces discussions (Éd. Lockroy. — Chambre des députés, 2 juin 1890).

surtout les procédés d'extraction se sont perfectionnés, au grand bénéfice du prix de revient.

La production a été de 22 600 000 *t* en 1888.

Mais cette quantité n'est pas suffisante pour les besoins du pays, et il a fallu importer en outre 10 millions de tonnes qui ont, en entrant, acquitté chacune un droit de 1,20 *f*.

Ce droit, ajouté au prix des houilles belges et anglaises, sert de régulateur au prix de vente à l'intérieur. Les prix des charbons dans le Nord et dans le Pas-de-Calais se raisonnent, non d'après le prix de revient local, mais d'après les prix des bassins de Mons et de Charleroi, augmentés de 1,20 *f*. Cette surtaxe, tous ceux qui consomment de la houille, la paient aux producteurs, et les protectionnistes ne soutiennent pas que ce pain de l'industrie jouisse de l'extraordinaire privilège qu'ils attribuent au pain de froment. En 1888, terme moyen, sur le carreau de la mine, la houille dans le bassin du Nord se vendait 9 *f*, et en Belgique 8,43 *f*.

Les bassins du centre de la France et du Midi produisent dans des conditions moins avantageuses. Leur situation nuit aussi à l'expansion de leur marché ; mais, en retour, elle les préserve de la concurrence des charbons étrangers. Saint-Étienne peut difficilement aller à Marseille concurrencer les charbons anglais, mais ceux-ci ne remontent pas le Rhône ; et de même à peu près pour les autres.

Cependant, non contents du droit de 1,20 *f*, quelques centres houillers demandent qu'on y substitue celui de 2 *f*, sans cacher, d'ailleurs, leur prédilection pour celui de 3 *f* (1). On croit aussi dans les mêmes régions à la nécessité d'augmenter les droits protecteurs des produits métallurgiques, droits fort élevés, comme nous le verrons tout à l'heure. Et, par contre, on réclame l'abaissement des tarifs de petite vitesse, ce qui, soit dit en passant, semble assez contradictoire avec la prétention de faire enchérir toutes les matières que consomment les chemins de fer.

Messieurs, il y a des différences considérables, nous l'avons vu, entre les prix des combustibles minéraux d'une région à l'autre, et c'est là, encore aujourd'hui, un des arguments mis en avant par ceux qui réclament l'aggravation ou même simplement le maintien de la protection actuelle. Mais, veuillez bien noter que, dans le prix d'une tonne de houille, le salaire entre à peu près pour 45 ou 48 0/0 ; les mêmes causes qui tendent à égaliser les

(1) Chambre de commerce de Saint-Étienne. *Réponse au Questionnaire.*

salaires doivent donc rapprocher les prix des combustibles minéraux d'un chiffre moyen dans tous les pays, et faire disparaître ainsi l'une des principales allégations de notre prétendue infériorité. En résumé, donc, celles de nos houillères qui peuvent être directement concurrencées par l'étranger sont en état de soutenir la lutte ; les autres sont, par leur situation, à l'abri des concurrences immédiates. Elles peuvent donc toutes vivre sans le droit protecteur, dont tout le poids retombe sur les consommateurs de houille.

§ X

Parmi les consommateurs de houille, l'un des plus gros, c'est très certainement l'industrie sidérurgique qui, en 1888, en a brûlé près de 4 millions de tonnes.

Le traité de 1860 a été généreux pour cette industrie. Il stipulait en sa faveur des droits *ad valorem* de 25 à 30 0/0, qui, transformés depuis en droits spécifiques, arrivent à être de 37 à 40 0/0 des prix marchands d'aujourd'hui (1). Ces droits étaient établis non pas à perpétuité, mais — suivant une formule qui a été fort utilisée — seulement pendant le temps nécessaire à l'industrie sidérurgique pour s'outiller et se rendre apte à soutenir la concurrence étrangère. Le temps a marché. Des progrès se sont réalisés, des découvertes ont été accomplies qui semblent avoir eu ce résultat d'être plus avantageuses à la métallurgie française qu'aux autres : les prix ont baissé, mais les droits sont restés. Ils continuent à être considérés par les métallurgistes comme une défense contre les producteurs étrangers. Et cependant, nonobstant ces droits élevés, certaines industries trouvent encore avantage à introduire du fer, de la fonte, de l'acier. En 1888, 61 854 *t* de fer, 8 061 *t* d'acier sont entrées non pas en bénéficiant des acquits-à-caution, mais en payant le droit plein (2).

(1) *Tableau des droits de douane et des prix des principaux produits sidérurgiques (Année 1887).*

	PAR TONNE		
	DROIT	PRIX	RAPPORT
Fonte	20 fr.	54 fr.	37 0/0
Fer	60 »	142 »	42 0/0
Tôle de fer	75 »	220 »	34 0/0
Rails d'acier	60 »	126 »	47,6 0/0

(2) Voici les chiffres :

	Admis temper.	A droits.
Fonte	99 703 *t.*	57 834 *t.*
Fer	24 003	61 854
Acier	4 419	8 061

Ces renseignements sont extraits de la Statistique de l'industrie minérale.

Les industries qui ont fait cela étaient certainement dans des conditions bien avantageuses ! Pouvoir supporter 60 *f* d'augmentation sur une matière première qu'on payait alors de 120 à 130 *f*, c'est 50 0/0. Quel développement ne peuvent pas prendre, s'il n'y avait pas de droit, des industries qui peuvent travailler dans de semblables conditions !

La sidérurgie, Messieurs, a eu la singulière fortune d'avoir de tout temps à sa tête des administrateurs et des ingénieurs du plus rare mérite, joignant à une grande science une heureuse intuition, et animés d'un grand zèle pour leur profession. Ils ont mis à profit tous les progrès, dont beaucoup leur étaient dus à eux-mêmes, et ils ont amené cette industrie à un degré de perfection à peu près absolu. La déphosphoration a donné aux minerais de Meurthe-et-Moselle, qui sont les meilleurs marchés du monde (1), une grande valeur d'utilisation, et la science, l'habileté de nos ingénieurs métallurgistes, a fait ainsi disparaître au profit de notre pays un monopole naturel qui semblait le plus rationnellement établi.

L'un de nos collègues les plus distingués, M. Valton, faisait pressentir, il y a déjà quelques années (2), à quel degré de bon marché on pourrait obtenir dans Meurthe-et-Moselle les fontes pour acier. Ses prévisions ont été dépassées. Meurthe-et-Moselle vendait à 41 *f* en 1886, à 45 *f* en 1887 (3). Aujourd'hui elle exporte de plus en plus vers la Belgique et l'Allemagne (4), et envoie la majeure partie de sa production dans le Nord et le Pas-de-Calais, où, grâce au prix du combustible, on la transforme en fer et en acier, à des conditions qui supportent facilement la comparaison avec celles des pays voisins.

On m'objecte qu'il n'en est pas de même partout, que dans la Loire, que dans la plupart des districts métallurgiques du Centre, on ne pourrait pas produire dans des conditions analogues à celles de l'Est et du Nord.

Mais observons que les centres industriels auxquels on fait allu-

(1) Prix moyen des minerais dans Meurthe-et-Moselle :

En 1887	2,60 *f.*
En 1888	2,76
Prix moyen pour la France	3,33
— pour l'Algérie	3,54
— pour la Grande-Bretagne	5,95
— pour la Prusse	7.58
— pour l'Espagne	3,05

(2) *Génie civil*, 19 avril 1884.

(3) Statistique de l'Industrie Minérale pour 1887.

(4) Chronique industrielle du *Génie civil* des 5 et 19 avril 1890.

sion n'attendent pas l'abolition des droits protecteurs pour être dans une situation difficile.

De l'aveu même des intéressés, le bassin de la Loire est dès maintenant dans une situation difficile, au point de vue de la production des métaux bruts, tellement qu'aujourd'hui les droits actuels ne sont plus suffisants pour lui assurer des prix rémunérateurs. Faut-il donc, pour cela, relever encore ces droits, et avec eux les prix de vente du marché intérieur, ce qui aurait cette étrange conséquence d'enrichir, au delà même de leurs prétentions, les métallurgistes du Nord et de l'Est, et, du même coup, de peser sur la consommation d'une matière aussi nécessaire que le fer et de la restreindre?

Tel est cependant le vœu des métallurgistes de la Loire. Au fond, je le crois bien, en demandant l'aggravation des droits actuels, ils obéissent surtout à des regrets fort naturels, et en tout cas très respectables, pour cette industrie dans laquelle ils ont excellé, qui a eu chez eux le berceau de ses plus grands progrès.

Ils ont la nostalgie du haut fourneau!

Mais leur grand sens ne leur a pas fait défaut: ils se sont rendu compte de leur situation, et stimulés par la nécessité, ils ont abandonné la production des matières brutes: ils fabriquent des produits finis, ils les fabriquent avec une grande perfection, ils les exportent (1). Des mesures administratives semblent, en outre, pouvoir leur donner dans la fabrication des armes de guerre, un nouvel élément d'activité (2). La transformation s'opère donc d'elle-même, naturellement; elle est déjà plus qu'à moitié faite.

Ce ne serait pas d'ailleurs la première fois qu'une industrie aurait dû se transformer, se déplacer, en raison de l'apparition quelquefois très subite et rapide d'un procédé nouveau, et en dehors de toute influence douanière. Est-ce que le métier à la Jacquard n'a pas produit des effets de ce genre? Est-ce que le fer au bois n'a pas presque complètement disparu. Est-ce que des hauts fourneaux ne se sont pas éteints dans la Haute-Marne, dans le Doubs? Est-ce que le creuset de Bessemer, le foyer de Siemens, et le four de Thomas et Gilchrist n'ont pas successivement et à de courts intervalles forcé la métallurgie à transformer son outillage, ses procédés?

Et cette transformation, ce passage à une industrie plus complexe, n'est-ce pas une accession à une destinée supérieure, plus

(1) Réponse de la Chambre de commerce de Saint-Etienne au Questionnaire, page 48.
(2) Id. ibid., page 59.

conforme au génie et aux aspirations de notre race? Je le crois : j'ai trouvé, dans mes longs séjours à l'étranger, mille preuves de la supériorité de nos produits finis sur ceux des fabricants des pays concurrents. Je suis heureux de pouvoir fortifier mon opinion à cet égard, du témoignage d'un de nos collègues les plus distingués, aux paroles duquel sa haute compétence donne une autorité indiscutable. M. Euverte nous le disait ici-même, il y a un an (1). Nos produits manufacturés et travaillés peuvent être exportés avec succès : « Nos mécaniciens, nos con» structeurs, ont une grande réputation à l'étranger; la qualité » de nos matières est généralement très appréciée et certaines » industries en reçoivent un développement considérable. »

C'est aussi ce qui découle de cette monographie si étudiée, si instructive, sur les prix de revient de la construction des machines dont un autre de nos plus distingués collègues, notre Vice-Président, M. Périssé, nous a donné la primeur en 1884 (2). Il nous y a fait voir d'une façon tout à fait démonstrative que ce qui arrêtait l'essor de notre industrie de la construction mécanique, c'était le prix élevé des matériaux qu'elle met en œuvre. Cet obstacle, nous l'avons vu, doit disparaître avec l'abolition des droits protecteurs de la métallurgie.

Et M. Périssé ajoute que pour le fini de l'exécution, les dispositifs ingénieux, que pour ces grands projets d'ouvrages où il faut présenter les combinaisons les mieux étudiées, sans être beaucoup plus chères, dans ce cas, la France est supérieure à ses concurrents.

Messieurs, j'ai recueilli avec un sentiment profond de joie patriotique ces déclarations de deux de nos collègues les plus autorisés. Oui, l'industrie mécanique, celle des constructions métalliques, qui mettent en mouvement l'intelligence, l'ingéniosité, le goût, l'esprit de recherche et de combinaison, est une de celles auxquelles notre race est éminemment propre! Ne mettons donc pas d'obstacles au développement de ces heureuses facultés : que les matières premières de l'industrie mécanique, la fonte, le fer, l'acier, affranchies de toute surtaxe, lui arrivent au plus bas prix possible; que tout ce qui s'emploie d'intelligence, de savoir, de dévouement à produire péniblement ces matières premières, s'applique, s'il le faut, sans regrets, à créer le produit fini, la

(1) Procès-verbal de la séance de la Société des Ingénieurs civils du 15 mars 1889, page 137.

(2) Périssé. *Du prix de revient des machines en France, en Angleterre et en Allemagne.*

machine, l'outil ! Et quelles heureuses conséquences n'aurait pas pour nos industries, pour l'agriculture en particulier, la production économique des outils et des machines !

Permettez-moi encore deux mots. On dit : Mais la défense nationale, comment y pourvoir sans fer pour nos armes, sans houille pour la mobilisation et tous les transports? Ces indispensables matériaux de la guerre, n'ayons pas à les demander à l'étranger. Par les droits de douane, assurons l'existence de ces deux grandes industries de la houille et du fer, c'est la garantie de notre indépendance.

Et si je dis, comme je l'ai fait tout à l'heure, que ces deux industries sont viables, qu'elles prospèrent par elles-mêmes; si je cite le Nord et Meurthe-et-Moselle, on me répond : Mais ce sont là des frontières ; en cas d'invasion, comment ferons-nous ? Mon Dieu ! il y a là de quoi s'émouvoir en effet. On est peut-être un peu trop prompt à admettre que dans la guerre future ce seront toujours nos frontières qui seront violées, et que nous ne saurons pas en tenir l'ennemi éloigné. Quoi qu'il en soit, allons à la réalité.

Quelque grande que puisse être la quantité de ces matières nécessaires pour le cas de guerre, il est possible de les avoir en stock à l'avance, il faut les y avoir — elles y sont sans doute déjà — et nous trouverions singulièrement imprudent et coupable le gouvernement qui attendrait la déclaration de guerre pour se pourvoir de ce qui lui est nécessaire. Ce n'est pas à l'heure où je suis mis en face de l'ennemi, qu'il faut forger mes armes, c'est avant.

Donc la protection douanière des produits métallurgiques n'intéresse en rien la défense nationale, et la conclusion à laquelle je tends subsiste tout entière.

§ XI.

De tout ce que je viens de vous exposer, il résulte qu'il n'y a pour ainsi dire pas d'industrie qui ne puisse vivre et prospérer lorsque par la suppression des tarifs douaniers on aura assuré à ses ouvriers le bon marché de l'existence, à elle ses matières premières, son combustible, son outillage aux meilleures conditions possibles. Quelques ateliers auront à perfectionner leurs moyens d'action, peut-être à se transformer. Mais ces transformations, ces changements, l'inéluctable progrès les impose tous les jours ; ils s'effectuent sans secousses, sans souffrances appréciables. Il en serait de même encore cette fois : le chômage n'aurait

rien de particulièrement dangereux ; il ne dépasserait pas les moyens dont la société dispose pour en calmer l'acuité. Mais il n'en sera pas de même si, par un tarif impitoyablement protecteur, on restreint la production, car restreindre la production c'est fermer l'atelier, c'est ruiner peut-être le patron, c'est congédier l'ouvrier.

Donc, SUPPRESSION DU TARIF DES DOUANES, tel est le vœu que je formule.

Messieurs, il est temps de finir. Aussi bien n'ai-je que trop abusé déjà de votre indulgente attention.

Du dernier recensement, il résulte qu'il y a en France 10 millions 1/2 de personnes vivant de salaires, gages et honoraires, et 6 millions 1/2 de patrons, en comprenant, il est vrai, sous cette dénomination, 2 millions 1/2 de paysans cultivant leur lopin de terre de leurs propres mains, et 2 millions de petits industriels, de petits commerçants, tous gens très voisins de l'ouvrier salarié par leur condition sociale et l'étroitesse de leur vie.

Ces 17 millions d'hommes, chaque matin, se mettent à la besogne, travaillant tout le jour, recommençant le lendemain.

La somme de tous ces labeurs individuels constitue le travail national : la somme des rendements, c'est la richesse du pays. Et dans ce grand organisme, compliqué mais harmonieux, où tous les efforts sont recueillis et dirigés vers ce même but : faire vivre le pays, l'enrichir, si possible, le tarif douanier intervient, organe adventif et bizarre, qui tend à rendre plus pénibles et plus lents les mouvements de l'admirable machine ; il jette du sable sur les glissières, il en introduit dans les coussinets ; il exagère les résistances passives, il diminue l'effet utile, il limite et restreint le rendement. Ah ! ce n'est pas ici, je l'espère, qu'on pourra dire que c'est bien !

Mais, Messieurs, il y a plus encore que cette faute de dynamique sociale. On nous a dit : « Vous êtes consommateurs, n'en » parlez pas, car vous êtes aussi producteurs; et tous les produc» teurs seront protégés, tous seront également protégés (1). On » équilibrera les intérêts du producteur et du consommateur (2). »

Vous avez déjà vu comment, dans le sein d'une même industrie, cette promesse d'égalité de traitement était tenue ; vous avez

(1) Cette promesse se rencontre à chaque instant dans les discours parlementaires, dans les discussions des commissions législatives et administratives.

(2) E. Bert, *loc. cit.*, page 225.

vu les uns recevoir beaucoup des effets du tarif, les autres peu : beaucoup aux puissants; un insuffisant secours aux petits, aux faibles; et d'une industrie à celle qui la suit dans l'ordre de la production, et d'une classe d'industrie à une autre classe, qui oserait dire que les faveurs de la protection sont également réparties? Est-ce que la grande, la vaillante industrie de Lyon est protégée, est-ce qu'elle peut l'être? Est-ce que les dentelles de Calais sont protégées ? et cependant on protège les producteurs de leurs matières premières, sans souci de ce qui adviendra. Et le commerce, où est la protection qu'on lui donne, alors qu'on diminue ses affaires? Et pourquoi toutes ces inégalités? Quelle raison, quelle excuse? Que devient la parole donnée?

Et enfin, ces 10 millions 1/2 de salariés, producteurs, eux aussi, dont le produit immatériel et éminemment digne d'intérêt s'appelle le travail, travail intellectuel, travail manuel, je vois bien que vous les conviez à fournir contribution aux autres producteurs, sous prétexte de protection, mais à eux, quelle protection leur assurez-vous en échange? Je n'en vois pas, et alors le système se révèle tout entier comme une monstrueuse inégalité, une flagrante injustice !

Messieurs, je n'ai pas la témérité de croire que mon impuissante voix ait une influence quelconque sur le mouvement de l'opinion. De grands intérêts pécuniaires sont engagés dans la question, et un philosophe (1) quelque peu découragé l'a dit : Si l'intérêt pécuniaire y trouvait son compte, il nierait la gravitation universelle.

Obscur Galilée, je ne puis que répéter : « *E pur si muove!* »

On ira donc au protectionnisme; on en éprouvera les effets; on en sentira les maux !

Mais, j'en veux conserver l'espoir, la France éclairée, désabusée par cette décisive expérience, brisera un jour les liens dans lesquels on enferme aujourd'hui la liberté des échanges. Et l'acte qui alors abolira le tarif des douanes sera, non le triomphe d'une opinion, mais, comme le disait déjà Montalembert, il y a quarante ans, la glorieuse et légitime conquête de la justice, de la raison et de la charité sociale !

(1) Macaulay, cité par Henri George. *Libre-Echange ou protection.*

COMMERCE INTERNATIONAL DE LA FRANCE

Relevé du total des exportations et importations de 1827 à 1889

ANNÉES	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	DIFFÉRENCE EN PLUS SUR LES	
			IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	Millions.	Millions.	Millions.	Millions.
1827	414	507	»	93
1828	454	511	»	57
1829	483	505	»	22
1830	489	453	36	»
1831	374	456	»	82
1832	505	507	»	2
1833	491	560	»	69
1834	504	510	»	6
1835	520	578	»	58
1836	565	628	»	63
1837	569	515	54	»
1838	656	659	»	3
1839	651	677	»	26
1840	747	695	52	»
1841	804	761	43	»
1842	847	644	203	»
1843	846	687	159	»
1844	868	790	78	»
1845	856	848	8	»
1846	920	852	68	»
1847	956	720	236	»
1848	474	690	»	216
1849	724	938	»	214
1850	791	1 068	»	277
1851	765	1 158	»	393
1852	989	1 257	»	268
1853	1 196	1 542	»	346
1854	1 292	1 414	»	122
1855	1 594	1 558	36	»
1856	1 990	1 893	97	»
1857	1 873	1 866	7	»
1858	1 563	1 887	»	324
1859	1 641	2 266	»	625
1860	1 897	2 277	»	380
1861	2 442	1 926	516	»
1862	2 199	2 243	»	44
1863	2 426	2 643	»	217
1864	2 528	2 924	»	396
1865	2 642	3 088	»	446
1866	2 794	3 181	»	387
1867	3 027	2 826	201	»
1868	3 304	2 790	514	»
1869	3 153	3 075	78	»
1870	2 867	2 802	65	»
1871	3 567	2 873	694	»
1872	3 570	3 762	»	192
1873	3 555	3 787	»	232
1874	3 508	3 701	»	193
1875	3 537	3 873	»	336
1876	3 988	3 576	412	»
1877	3 670	3 436	234	»
1878	4 176	3 180	996	»
1879	4 595	3 231	1 364	»
1880	5 033	3 468	1 565	»
1881	4 864	3 561	1 303	»
1882	4 822	3 574	1 248	»
1883	4 804	3 452	1 352	»
1884	4 344	3 233	1 111	»
1885	4 088	3 088	1 000	»
1886	4 208	3 249	959	»
1887	4 026	3 247	779	»
1888	4 107	3 247	860	»
1889	4 175	3 609	566	»

II

COMMERCE SPÉCIAL DE LA FRANCE

Classification par nature de Marchandises.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889 (*)
	EN MILLIONS DE FRANCS					
1° IMPORTATION						
Objets d'alimentation	1,438	1,455	1,541	1,423	1,507	1,454
Matières nécessaires à l'industrie	2,208	2,023	2,082	2,014	2,021	2,126
Objets fabriqués	697	610	585	589	579	595
TOTAUX	4,343	4,088	4,208	4,026	4,107	4,175
2° EXPORTATION						
Objets d'alimentation	783	750	731	703	727	869
Matières nécessaires à l'industrie	759	707	773	805	813	834
Objets fabriqués	1,690	1,631	1,745	1,738	1,707	1,906
TOTAUX	3,262	3,088	3,249	3,246	3,247	3,609

(*) La répartition du chiffre total pour 1889 dans les trois catégories est approximative; le total est exact.

MOUVEMENT COMMERCIAL DE L'ANGLETERRE

	1884	1885	1886	1887	1888	
	EN MILLIONS DE FRANCS					
Importations	9,848	9,367	8,834	9,146	9,788	
Exportations	7,437	6,853	6,784	7,089	7,522	

III

EN 1888

	IMPORTATIONS PAR PAYS DE PROVENANCE			EXPORTATIONS PAR PAYS DE DESTINATION		
	Classement par ordre d'importance	Valeur en millions de francs	0/0 de l'importation totale	classement par ordre d'importance	Valeur en millions de francs	0/0 de l'exportation totale
Angleterre	1	529	12,88	1	864	26,61
Belgique	2	419	10,20	2	473	14,57
Allemagne	4	333	8,18	3	308	9,49
États-Unis	6	248	6,04	4	256	7,88
Suisse	12	97	2,36	5	209	6,43
Italie	9	181	4,40	9	119	3,66
Espagne	3	378	9,20	7	172	5,29
Russie	5	249	6,05	13	10	0,30
Algérie	10	158	3,84	6	174	5,35
Inde anglaise	8	188	4,57	12	12	0,37
Autriche-Hongrie	11	114	2,78	11	20	0,61
République Argentine	7	189	4,60	8	134	4,12
Chine	14	80	1,94	14	4	0,12
Turquie	13	93	2,26	10	48	1,47
Autres pays	»	821	»	»	444	»
TOTAUX	»	4 107	»	»	3 247	»

IV

Tableau comparatif des Exportations et Importations de quelques produits similaires en 1888.

NATURE DES PRODUITS	UNITÉS	IMPORTATIONS		EXPORTATIONS	
		QUANTITÉS	VALEURS en millions.	QUANTITÉS	VALEURS en millions.
Froment, épeautre, méteil	Quint. mét.	11.357.123	231,9	13.412	0,3
Farines	d°	278.632	8,4	92.152	3,5
Bœufs	Têtes.	29.541	11,3	24.836	9,4
Vaches, taureaux, veaux	d°	45.716	8,1	67.919	14,8
Ensemble race bovine	Têtes.	74.257	19,4	92.755	24,2
Race ovine	d°	1.513.289	55,9	38.730	1,4
Race porcine	d°	22.996	»	193.373	»
Chevaux	d°	12.115	18,1	37.933	37,2
Mulets et mules	d°	315	0,15	22.107	15,5
Vins	Hectolitres.	12.064.271	437,90	2.117.987	242,5
Eaux-de-vie	d°	140.916	13,9	239.062	60,6
Sucre raffiné	Kilogr.	1.755.000	0,9	159.750.000	64,7
Soies brutes	Kilogr.	9.675.000	184,»	3.685.000	91,»
Coton	d°	121.725.000	157,7	26.422.000	34,3
Laine	d°	168.581.000	329,»	20.687.000	43,5
Lin, chanvre, jute	d°	157.057.000	111,»	18.560.000	16,5
Peaux et pelleteries	d°	70.365.000	135,7	32.686.000	62,9
Fils de laine	Kilogr.	2.274.000	14,1	4.775.000	37,2
Fils de coton	d°	8.890.000	25,8	715.000	2,7
Fils de lin et chanvre	d°	2.143.000	8,1	5.084.000	9,8
Fils de jute	d°	90.000	0,06	2.812.000	2,5
Tissus de soie	Kilogr.	823.000	50,5	4.009.000	223.2
Tissus de laine	d°	7.382.000	65,1	24.120.000	323,4
Tissus de coton	d°	6.895.000	41,»	17.493.000	106,2
Tissus de lin et chanvre	d°	1.166.000	5,2	2.013.000	8,3
Tissus de jute	d°	1.423.000	1,7	3.077.000	3,4
Machines et mécaniques		»	37,6	»	35,3
Outils et ouvrages en métaux	Kilogr.	19.814.000	18,3	58.543.000	65,»
Engrais divers	Tonnes.	120.338	18,1	57.263	8,5
Houille	d°	9.404.100	143,4	607.403	9,2

V

Principales Marchandises importées *(en millions de francs)*.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889
Objets d'alimentation.						
Céréales	360	233	262	289	375,3	373
Vins	344	389	518	444	437,9	387
Eaux-de-vie	22	24	17,7	17,8	14,5	12,2
Bestiaux	151	133	115	78	78,3	75,5
Fruits de table	81	137	128	74	63,9	66,1
Sucres étrangers et coloniaux	76	110	53	51	77,8	58,9
Cafés	83	80	103	132	131,9	127
Matières nécessaires à l'industrie.						
Guano et autres engrais	»	»	»	»	18,3	26,7
Combustibles minéraux	168	146	125	126	143,4	136,7
Chevaux	»	»	»	»	18,1	18
Bois communs	194	159	143	158	165,6	»
Coton	170	179	161	203	157,7	187
Laine	332	276	387	326	329	378
Soies	269	211	293	275	192	270
Lins	64	68	54	52	69	59
Chanvres	16,2	14,4	13,5	17,8	15,7	11,5
Jute, phormium, etc.	17,8	17,8	18,3	25	27,8	32,7
Peaux et pelleteries	175	188	175	153	135	167
Graines oléagineuses	165	182	165	134	146,5	144
Fonte brute	8,2	5	3	1,4	1,5	0,7
Fers	9,5	7,4	5,3	4,4	4,5	3
Aciers	4,1	3,4	3,2	3,8	3	2,6
Objets fabriqués.						
Tissus de laine	89	75	71	64	65,2	63,6
— de soie	43	41	43	53	50,5	61,1
— de coton	75	67	57	50	41	40
Fils de coton	39,5	38,9	36,2	31,2	25,8	28,2
— de laine	17,4	22,1	16	12,4	14,1	11,9
— de lin et chanvre	8,3	5,6	5,7	5,4	8,1	6,7
Peaux préparées	36,7	30,4	28,6	26,4	29,9	31,4
Ouvrages en peaux	6,8	7	8,7	10,3	8,9	9,3
Outils et ouvrages en métaux	25,8	22.4	23,1	23	23	23,6
Machines et mécaniques	60,1	43,7	38,9	43,5	37,6	44,1

VI

Principales Marchandises exportées *(en millions de francs)*.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889	
Objets d'alimentation.							
Céréales	14,4	»	»	»	14,4	20,7	
Vins	237	256	260	234	242,5	251	
Eaux-de-vie	73	76	74	67	64,9	68	
Bestiaux	31,9	26,4	23,6	31,8	35,4	42,3	
Fruits de table	42,7	46,2	43	38,9	38	42,5	
Sucre raffiné et brut	68,8	44,9	53,7	58,6	65	105,8	
Fromages et beurres	109	100	89	85	91,3	108,1	
Œufs	30,3	29	26,8	27,6	23,7	26,7	
Matières nécessaires à l'industrie.							
Engrais	9,4	12,8	12,2	13,6	10,8	15,2	
Combustibles minéraux	7,4	7	7,7	7,6	9,2	13,7	
Chevaux, mules, mulets	28	34,5	38,7	47,4	52,8	60,1	
Bois communs	»	»	»	»	32,1	»	
Lin et chanvre	12,2	13,7	11,5	11,6	14,5	9,9	
Coton brut	38	32,5	30,6	44,7	34,3	24,8	
Laines	96	91	132	120	131,4	154	
Soies	155	121	147	145	116,9	133,4	
Peaux brutes	69,68	64	60	57	62,8	62,9	
Fonte, fer, acier	4,8	4,8	7,6	16,2	13	22,6	
Objets fabriqués.							
Tissus de laine	334	330	376	350	323,4	335,7	
— de soie	237	222	242	210	223,2	247,9	
— de coton	91	102	107	118	106,2	113,9	
— de lin, chanvre et jute	17	15	15,3	5,9	12,2	14,4	
Fils de coton	2,3	2,1	1,9	2,5	2,7	3,1	
— de laine	32,3	35,6	43,9	39,6	37,2	50,9	
— de lin et chanvre	5,5	8,6	6	10,1	9,8	11,2	
— de jute	1,3	2,1	1,0	1,5	2,5	2,6	
Machines et mécaniques	31,8	27,2	27,5	31,4	35,3	42,4	
Outils et ouvrages en métaux	62	59	62	74	71	92,3	
Armes	4,1	6,5	4,2	6	4,1	2,7	
Peaux préparées	109,8	104,3	96,6	93,7	92,4	107,9	
Ouvrages en peaux	131	134	133	126	135,3	135,6	
Modes et fleurs artificielles	27,7	26,9	32,3	27	28,9	36	
Confections	75	70	78	90	87	96	261
Tabletterie	120	118	125	128	128,8	129	
Produits chimiques	63	52	48	48	45,6	51,2	

LES TRAITÉS DE COMMERCE

ET

LEUR RENOUVELLEMENT

PROTECTION ET LIBRE-ÉCHANGE

Réponse à M. FLEURY

PAR

M. E. BERT

Après les remarquables discours de MM. Fleury et Euverte, je suis un peu inquiet pour venir encore vous entretenir de la question des Traités de commerce, qui est, en ce moment, en discussion devant vous, aussi vous demanderais-je de m'accorder toute votre bienveillance. Si je le fais, c'est à cause de l'importance des plus grandes qu'elle présente et sur laquelle il est inutile d'insister. Il s'agit, en effet, de savoir quelles seront dans l'avenir les conditions du travail agricole et industriel de notre pays.

Lorsque j'ai eu l'honneur d'engager cette discussion devant vous, j'ai conclu en vous disant que nous devions abandonner le système des traités de commerce pour reprendre notre liberté d'action, ajoutant que la protection s'imposait aujourd'hui chez nous comme une nécessité nationale, mais qu'il fallait bien se garder d'aller trop loin, et ne faire de la protection qu'à propos et dans une juste mesure.

J'ai été heureux de constater à la dernière séance que je me trouvais en parfaite communauté d'idées avec M. Euverte, qui n'a critiqué ma communication que sur quelques points de détail au sujet desquels je lui répondrai tout à l'heure.

Mais avec M. Fleury nous sommes en complète divergence d'opinion; aussi m'efforcerai-je principalement aujourd'hui de réfuter les théories qu'il vous a exposées et que je considère

comme funestes à notre pays, si par malheur elles venaient à dominer chez nous, ce qui, actuellement, ne me paraît plus possible. Plusieurs points de l'argumentation de M. Fleury ayant déjà été victorieusement réfutés devant vous par MM. Euverte, Gassaud et Cornuault, ma tâche se trouve fort simplifiée.

Je passerai rapidement sur les premières considérations qui vous ont été présentées par M. Fleury. Il vous a dit qu'à son avis la question des traités de commerce se posait entre le libre-échange et la protection, et qu'il lui semblait que moi-même je l'avais considérée à ce point de vue. Ceci n'est pas tout à fait exact.

La communication que j'ai eu l'honneur de vous présenter se divise en deux parties.

Dans la première, j'ai parcouru rapidement les divers systèmes économiques qui se sont succédé chez nous depuis un siècle; puis j'ai examiné, abstraction faite de tout système économique (car les traités de commerce sont possibles avec la protection comme avec le libre-échange, bien qu'en réalité ils soient toujours favorables aux idées libre-échangistes, quoi qu'en disent aujourd'hui les partisans de cette doctrine, j'ai examiné, dis-je, s'il y avait lieu de dénoncer les traités de commerce actuels et s'il fallait les renouveler ou y renoncer.

J'ai réfuté devant vous les divers arguments que l'on fait valoir en faveur des traités de commerce, et je vous demande la permission d'y revenir rapidement pour compléter les indications que je vous ai données:

1° Les taxes et autres conditions stipulées dans les traités, étant fixées pour un intervalle de temps assez long, les industriels et les commerçants y trouvent une grande sécurité et peuvent entreprendre des opérations de longue durée, qui seraient impossibles autrement.

Je vous ai montré qu'en pratique cette stabilité n'existait point, car nous n'avons pas un traité fixe et immuable avec chaque nation, mais un traité comportant la clause de la nation la plus favorisée, ce qui entraîne de continuels changements, car chaque négociation nouvelle comporte nécessairement des concessions nouvelles et par suite les arrangements antérieurs sont modifiés.

Les traités nous liant les mains pendant un certain temps, il nous est impossible de venir ensuite au secours de l'une de nos industries, si quelque péril vient à la menacer. C'est ce qui nous est arrivé en 1872, lorsque nous avons voulu augmenter nos recettes en élevant les droits sur certains produits.

2° Les traités de commerce favorisent les exportations des objets fabriqués. Or, si l'on se reporte aux statistiques officielles, on trouve que c'est justement le contraire qui a eu lieu. J'emprunte les renseignements suivants au remarquable ouvrage que vient de publier M. Domergue (1):

De 1835 à 1839	notre exportation en objets fabriqués dépasse	notre importation de. . .	78.95 0/0
1840 à 1844	—	—	81.77
1845 à 1849	—	—	86.56
1850 à 1854	—	—	89.23
1855 à 1859	—	—	89.12
1860 à 1864	—	—	84.09
1865 à 1869	—	—	75.54
1870 à 1874	—	—	66.03
1875 à 1879	—	—	54.33
1880 à 1884	—	—	47.31

Voilà un argument irréfutable et qui se passe de commentaires.

3° L'intérêt des consommateurs. Or, quoi qu'en pensent certains économistes, ceux-ci ne retirent aucun avantage des traités de commerce, qui par contre sont nuisibles à presque tous les producteurs, c'est-à-dire au plus grand nombre.

J'avais conclu en disant que les traités de commerce n'avaient aucun des avantages qu'on leur avait trop gratuitement accordés et qu'il fallait abandonner ce système pour reprendre notre indépendance

Du reste, il ne faut pas oublier que depuis 1881, malgré un désir véritable et fort prononcé, nous n'avons pu faire de vrais traités qu'avec la Belgique, l'Espagne, le Portugal, la Suède, la Norvège et la Suisse, c'est-à-dire avec des puissances secondaires. Je ne parle point de l'Italie qui a dénoncé, en 1887, le traité conclu avec elle en 1881. Nous n'en avons pas avec l'Angleterre, l'Autriche, la Russie et les États-Unis, c'est-à-dire avec les pays qui renferment un nombre bien plus considérable de consommateurs. Par des conventions contenant la clause de la nation la plus favorisée, nous avons accordé notre tarif conventionnel à l'Angleterre, à l'Autriche et à la Russie, sans aucun avantage compensatoire, car bien que nous jouissions aussi de la clause de la nation

(1) *La Révolution économique*, par M. Jules Domergue, avec une lettre-préface de M. Méline.

la plus favorisée, les nations que je viens de citer ne sont point liées comme nous et elles peuvent à tout instant relever leur tarif.

Aujourd'hui, si l'on était tenté d'engager des pourparlers pour la conclusion de nouveaux traités, on se heurterait à de grandes difficultés et l'on essuierait bien des refus, à moins de se contenter de concessions insuffisantes, tout en faisant des concessions compromettantes pour notre agriculture et notre industrie (1).

Ce n'est qu'après m'être prononcé pour le non-renouvellement des traités de commerce, que je vous avais parlé de la solution à admettre pour l'avenir ; et c'est ici seulement qu'il y a lutte entre le libre-échange et la protection. J'ai conclu en vous disant qu'à l'heure actuelle, il nous était impossible de soutenir la concurrence étrangère, si l'industrie et l'agriculture française n'étaient point protégées par des droits compensateurs.

M. Fleury n'a nullement parlé de la première partie de ma communication, il ne vous a fait valoir aucun argument en faveur des traités de commerce. Il a laissé complètement cette question de côté pour vous présenter une apologie du libre-échange et de ses bienfaits. Il a ainsi fait dévier la discussion de la voie où elle avait été engagée.

Je vous demanderai la permission de réfuter quelques-unes des idées qui ont été développées devant vous par M. Fleury.

Vous connaissez tous l'activité, l'ardeur et l'énergie persévérante que développent les partisans de l'un et l'autre système économique. Chacun proclame sa doctrine la seule vraie, la seule raisonnable, la seule sage, et, naturellement, chacun conserve son opinion et personne ne fait de concession.

Je n'ai pas la prétention d'être resté étranger à ces vives passions. Je tiens cependant à déclarer que je ne me suis formé une opinion qu'après avoir longuement étudié ces questions, et sans aucun parti pris. Je ne suis ni libre-échangiste ni protectionniste.

La science économique est avant tout une science expérimentale ; elle repose sur l'observation des faits.

Il ne faut pas proclamer *a priori* que le libre-échange est toujours bon et la protection toujours mauvaise ; que le libre-échange ne peut avoir que des avantages et la protection que des inconvénients ; il ne faut pas soutenir que la protection est un obstacle

(1) La Chambre haute et la seconde Chambre du royaume de Suède ont invité le gouvernement de ce pays à dénoncer les traités de commerce, expirant le 1er février 1892, qui lient la Suède à la France et à l'Espagne.

au mouvement des échanges et au développement des exportations : c'est une affaire de temps et de circonstances ; l'un ou l'autre des systèmes économiques en présence sera bon ou mauvais suivant la situation du pays et l'état économique général.

Le meilleur régime économique, à mon avis, sera celui qui aura pour résultat de porter la production nationale à son maximum de puissance.

Je sais bien que M. Fleury a une réponse toute faite à tous les chiffres des tarifs de douane ; c'est la réponse habituelle que font les partisans du libre-échange. « Qu'importe, nous dit-il, le mouvement des importations dans un pays? Est-ce que la balance du commerce est renfermée dans le chiffre des exportations et des importations? Il n'y a pas seulement les échanges de marchandises d'un pays à un autre, il y a aussi les profits qu'un pays tire de ses exportations qui lui rentrent sous forme d'importations. Voyez l'Angleterre : elle importe plus qu'elle n'exporte, et elle ne se ruine point. »

Assurément non, mais pourquoi? Parce que les importations qui se font en Angleterre, ne sont pas en réalité des produits étrangers. Ce sont les produits de sa marine marchande, les produits des grandes entreprises engagées dans ses vastes colonies : en un mot, ses propres produits qui rentrent chez elle.

Voici ce que dit à ce sujet M. Domergue :

« Le détracteur malheureux de la théorie de la balance commerciale oublie encore ou feint d'oublier cette considération capitale : que dans les importations anglaises figurent les produits de ses immenses colonies, et qu'elles doivent y figurer non seulement pour leur valeur intrinsèque, mais pour leur valeur augmentée des commissions de vente et des frais de transports maritimes. Or, toutes ces sommes : prix de la marchandise, commissions et frets, restent aux mains des Anglais, et ne constituent nullement un tribut payé à une nation étrangère. C'est, on peut le dire, l'Angleterre qui trafique avec elle-même. Il n'y a donc aucune atteinte portée à la richesse publique du pays. Ces importations sont une apparence bien plus qu'une réalité. Ce ne sont ni plus ni moins que des balances de comptes d'Anglais à Anglais.

» Est-ce que vraiment nous apprendrions à M. Leroy-Beaulieu que les importations des possessions anglaises en Angleterre ont atteint, pendant les trois années qu'il signale dans son *Précis d'Économie politique :*

En 1884. . . . 2 milliards 395 millions *f?*
1885. . . . 2 — 110 —
1886. . . . 2 — 147 —

» Ne saurait-il pas que ces importations ont atteint :

En 1883. . . . . 2.467.050.000 *f ?*
1882. . . . . 2.485.775.000
1881. . . . . 2.288.500.000
1880. . . . . 2.312.975.000

» Autrement dit, ces importations varient entre 2 milliards et 2 milliards et demi. »

Aussi je comprends à merveille que les importations augmentent sans cesse sans que le pays en souffre.

En est-il de même chez nous ? Non. Les importations se font chez nous avec des produits étrangers qui prennent sur notre marché la place des produits français et qui diminuent par conséquent la somme de travail mise à la disposition de l'ouvrier français.

M. Fleury n'attache aucune importance à la balance du commerce; il nous a dit que le relevé des douanes ne peut être assimilé à autre chose qu'au livre d'entrée et de sortie du magasin; c'est un livre tout à fait auxiliaire de cette grande maison de commerce; le livre important, selon lui, serait le compte Profits et Pertes.

Cela ne prouve point qu'il n'y a pas de balance du commerce. Il y a une balance de commerce pour un peuple comme pour un individu. Seulement, pour le premier, elle est un peu plus difficile à établir.

Lorsque nous payons nos importations avec des produits manufacturés, notre production intérieure, sollicitée par l'étranger qui nous fait des demandes, se développe progressivement; la somme du travail national s'accroît. De plus, on réalise sur la vente de nos produits le bénéfice que tout commerçant prélève sur la vente des produits qu'il a créés.

Mais quand nous payons avec de l'argent, le résultat est tout différent. Notre production reste stationnaire parce qu'au lieu de nous demander des produits, on nous demande de l'argent; nous sommes obligés de sortir de notre caisse des valeurs que nous aurions pu économiser. Donc, si après avoir payé l'étranger avec les revenus et le capital de nos valeurs, nous en sommes arrivés à envoyer notre argent au dehors, on ne peut pas dire que c'est là un signe de grande prospérité.

J'avais établi, et M. Fleury ne l'a point nié, que depuis quinze ans, nos exportations ont été de beaucoup inférieures à nos importations. — M. Fleury a reconnu l'exactitude des chiffres que j'ai produits; seulement, il ne leur attache aucune importance. — Autrefois, nous réglions nos importations avec le bénéfice de nos exportations, mais il n'en est plus de même aujourd'hui.

D'après M. Fleury, nous ne sommes point ruinés pour cela ; si nous ne payons pas avec nos bénéfices d'exportations, nous payons avec les valeurs que nous avons à l'étranger. Cet argument est sans portée, car les valeurs que nous possédons à l'étranger représentent des produits que nous avons antérieurement réalisés ; c'est un capital accumulé, c'est notre épargne. Or, quand on a recours à l'épargne pour payer ses achats, on est dans une très mauvaise situation. Et quand ces valeurs seront épuisées, avec quoi paiera-t-on ?

M. Fleury me permettra de lui demander comment ferait face à ses engagements un commerçant qui aurait vendu : pour 3 468 millions de marchandises en 1880 et pour 3 609 millions en 1889, alors qu'il aurait acheté pour 5 033 millions en 1880 et 3 609 millions en 1889. — Il y a un déficit à payer de 1,565 millions pour 1880 et de 566 millions pour 1889. Toutes les différences se paient en argent. — Quand l'importation n'est pas compensée par l'exportation, la différence se règle par une traite acquittée par la France.

Si un commerçant faisait de semblables opérations, il devrait prendre sur son actif pour payer ses dettes. La France, considérée comme une vaste maison de commerce, ne fait point autrement. D'après les renseignements publiés par M. de Foville, dans la *France économique*, nous trouvons que le capital de la France est de 135 milliards.

Elle a d'abord une fortune territoriale de 53 millions d'hectares, valant, d'après les dernières estimations, *quatre-vingts milliards*. . . . . 80 milliards

Elle a ensuite ses maisons (plus de neuf millions de maisons), sa propriété bâtie, son outillage, qui valent quarante milliards, d'après les calculs qu'on a institués en vertu des lois récentes. 40 milliards

La nation a donc au soleil. . . . . 120 milliards

Le *stock monétaire* actuel est de 5 milliards pour

l'or et 3 milliards pour le métal argent, y compris
les 2 milliards de la Banque de France, ce qui fait : 8 milliards

Ajoutons à cela, pour être complets, des valeurs
marchandises, matériel de voie ferrée, etc. . . 7 milliards

Nous arrivons à un chiffre total, représentant
l'actif de la France, de cent trente cinq millards. 135 milliards

Eh bien ! Messieurs, c'est sur ce fonds que nous sommes obligés de prendre pour payer aux étrangers l'excédent des importations sur les exportations. Si, par malheur, cet excédent conservait pendant longtemps les proportions qu'il a depuis 1876, notre fonds social disparaîtrait et nous serions ruinés dans un avenir plus ou moins éloigné. Voilà, ce me semble, un résultat qui n'est point à désirer.

M. Euverte vous a dit qu'il ne fallait pas s'en rapporter aux chiffres représentant le total des importations et des exportations, mais que pour étudier sérieusement la question, il fallait examiner les états d'importation et d'exportation en divisant les produits, comme le fait l'administration des douanes en trois grandes catégories :

Objets d'alimentation;
Matières nécessaires à l'industrie;
Produits fabriqués.

Cette division est, à mon avis, fort défectueuse, et sur ce point, je m'appuierai sur l'opinion de M. Fleury (c'est le seul où nous soyons du même avis), qui vous a dit « que toutes les industries se succèdent et s'enchaînent et que la matière première de l'une est le produit fini de la précédente ».

Si l'on se reporte aux tableaux des douanes, on trouve dans les objets d'alimentation bien des matières premières qui sont destinées à l'industrie : par exemple, les maïs, dont le Parlement s'occupe en ce moment, intéressent principalement les distilleries; or, ils sont classés dans la catégorie des objets nécessaires à l'alimentation. Je pourrais citer d'autres exemples. Pour vous prouver que cette distinction est absolument arbitraire, je me contenterai de vous lire un passage d'un discours d'un homme dont la compétence est incontestable en ces matières, de M. Méline :

« Quand on fait le compte des produits manufacturés, on répète » d'habitude ceci : Vous n'avez que 400 millions d'importation et » vous avez 1 600 millions d'exportation, par conséquent, vous » faites toujours un bénéfice net de 1 200 à 1 300 millions. Mais

» ce qu'on oublie de dire, et ce qui est l'exacte vérité, c'est qu'il » y a des produits manufacturés qui figurent ailleurs que dans ce » chapitre, lequel, dans les états de la douane, est intitulé : Pro- » duits manufacturés.

» Il y a un chapitre particulier que je recommande tout spécia- » lement à votre attention, c'est le chapitre des matières premières » nécessaires à l'industrie. Ce chapitre n'a certainement pas été » créé à dessein par l'administration des douanes, mais il faut » avouer qu'il permet, par un trompe-l'œil très habile, de dissi- » muler étrangement la véritable situation de notre mouvement » économique au point de vue des produits manufacturés, et je » vais vous le prouver tout de suite.

» Au chapitre des matières premières nécessaires à l'industrie, » il semble qu'on ne devrait inscrire que des matières que nous ne » produisons pas, ou de véritables matières premières destinées à » être transformées. Il n'en est point ainsi. Voulez-vous que j'énu- » mère les articles que la douane porte au chapitre des matières » premières et qu'elle ne considère pas comme produits manufac- » rés ? Et il se trouve que ce sont précisément les produits manu- » facturés qui appartiennent aux industries qui se plaignent le » plus.

» Ainsi, on ne croirait pas que les fils sont portés au chapitre des » matières premières. Les fils de coton, les fils de laine, les ma- » tières de soie, qui représentent une importation d'environ six » cents millions, sont portés à ce chapitre des matières premières, » et alors on comprend qu'en les déduisant des produits manufac- » turés, il soit facile d'établir que l'importation n'est que de » 400 millions. Il y a mieux encore : quand on étudie le tableau des » douanes, on s'aperçoit que les fils sont portés à l'importation » comme matières premières et à l'exportation comme produits » fabriqués, si bien qu'on arrive, de cette façon, à diminuer les » importations et à augmenter les exportations.

» Les fils seuls sont-ils portés au chapitre des matières pre- » mières ? Il y a encore les fers, les aciers, les fontes, les nitrates, » les produits chimiques, les peaux préparées, la soie, la bourre » de soie. Bref, on voit figurer au chapitre des matières premières, » en objets véritablement manufactures, une somme de sept à huit » cents millions.

» Eh bien, je dis que j'ai le droit de regretter ce classement dans » les états de douanes, et j'ajoute que, quand on fait un compte

» pour apprécier la situation économique d'un pays, il faut rapprocher des choses semblables.

» Je dis que j'ai le droit de mettre à part l'importation des produits manufacturés et je puis y comprendre les fers, la fonte, les fils et autres objets, pour les retrouver à l'exportation.

» Assurément, si les importations dont nous nous effrayons se réduisaient aux objets alimentaires purs et même aux matières premières que nous ne fabriquons pas, je ne me plaindrais pas que les importations aient augmenté pour les objets alimentaires, ni pour les matières premières que nous ne pouvons pas produire, je me plains que les importations aient augmenté pour des articles que nous pouvons parfaitement produire, que nous produisions en plus grande quantité en 1859 et que nous ne pouvons plus produire, parce qu'une concurrence désastreuse nous empêche de le faire. »

Je ne voudrais pas donner à la balance du commerce plus d'importance qu'elle n'en comporte et je reconnais qu'elle ne doit être interrogée qu'avec précaution. Néanmoins, il est certain que, d'une façon générale, elle est favorable lorsque les exportations surpassent nos importations, c'est-à-dire, lorsque l'étranger nous demande nos produits et fait par suite progresser notre production et augmenter la somme du travail national; on a produit plus qu'on a dépensé et par conséquent on a le change en sa faveur. Mais quand l'étranger introduit, au contraire, chez nous des produits que nous sommes en état de fabriquer, il restreint dans une mesure correspondante la production du pays parce qu'il en diminue la somme de travail.

Je terminerai sur ce point, en citant un passage du très intéressant ouvrage de M. Domergue : « Plus un peuple achète sans vendre, plus il tarit la source de son travail et plus il s'appauvrit; la richesse ne peut lui venir que du travail, du travail qui, seul, lui procure les moyens d'acheter avec ses salaires et ses revenus, sans épuiser ses réserves, sans vider sa bourse, sans comme on dit, « manger son capital ».

J'arrive maintenant à l'un des arguments essentiels de M. Fleury. Il vous a dit que la prospérité de la France avait été sans cesse en grandissant depuis 1860 : les dépôts dans les caisses d'épargne ont augmenté, les valeurs successorales de même.

Je reconnais volontiers que ces observations sont justes dans une certaine mesure. Ce n'est pas le fait qui est contestable, c'est la cause qu'on lui attribue.

L'épargne heureusement chez nous est incontestable. L'accroissement du capital des successions n'est point surprenant ; seulement, pour l'apprécier exactement, il faut tenir compte d'un certain nombre de lois nouvelles qui ont changé les droits de perception. Par exemple, pour les transmissions d'immeubles par décès, le calcul se faisait, jusqu'en 1872, par une multiplication du revenu au denier 20, c'est-à-dire que, pour déterminer la valeur de l'immeuble, on multipliait le revenu par 20. Mais, maintenant, ce n'est pas par 20 qu'on multiplie le revenu, c'est par 25, et de là la valeur des immeubles a augmenté d'un quart.

En outre, le fisc atteint aujourd'hui les valeurs mobilières et les parts dans les Sociétés qui lui échappaient auparavant. Les baux doivent être enregistrés, ce qui permet de reconnaître la valeur des immeubles loués.

Tout cela a contribué dans une large proportion à augmenter la valeur des successions.

La fortune de la France a certainement progressé depuis 1860. — Mais cette augmentation n'est point due à l'accroissement de nos échanges avec l'étranger. C'est, au contraire, le développement de notre marché intérieur qui en est la cause. Il ne faut pas oublier, en effet, que notre marché intérieur absorbe les 4/5 de notre production annuelle et que le 1/5 seulement s'applique à l'étranger.

Revenant à la question des traités de commerce, M. Fleury a reconnu que la dénonciation de celui conclu avec l'Italie nous avait été plutôt favorable que désavantageuse, mais il a ajouté qu'il n'en serait pas ainsi avec toutes les autres puissances et notamment l'Angleterre. Je crois qu'il se trompe sur ce dernier point.

Beaucoup de marchandises, qui sont inscrites à la sortie de France, comme exportées en Angleterre, n'entrent point dans ce pays.

La marine marchande anglaise a une puissance que vous connaissez tous ; c'est elle qui transporte dans les diverses régions la plus grande quantité des produits qui sont exportés d'un pays dans un autre. Or, qu'arrive-t-il ? Parmi les marchandises que la marine anglaise vient chercher dans nos ports, une grande quantité ne sont point débarquées en Angleterre, mais dirigées vers d'autres pays. Je crois que l'abandon des traités de commerce ne changera rien à cette situation.

Dans l'état actuel des statistiques douanières, il est malheu-

reusement impossible de connaître quelle est exactement la proportion des marchandises françaises qui ne font que transiter.

« Faisons la même réserve, dit M. Domergue, en ce qui concerne les exportations relevées au compte de la Belgique.

» Là encore, le chiffre est inexact, car la Douane française compte » à l'importation, comme marchandises belges, bien des produits » qui, comme les laines débarquées à Anvers, à destination de » notre marché, viennent réellement de l'Amérique.

» Il en va de même pour beaucoup d'autres marchandises, soit » à l'importation, soit à l'exportation, qui viennent ou partent » des ports de la Belgique. N'est-ce point encore rester dans la » vérité que de dire de beaucoup de produits, figurant dans nos » exportations, que ce sont des produits étrangers se bornant à » passer sur notre territoire pour aller, soit en Italie, soit en Suisse, » soit en Allemagne, soit même pour aller s'embarquer à Marseille ? Telles sont certaines marchandises de prix qui peuvent » supporter les frais d'un transport par voie ferrée.

» On voit qu'il ne faut attribuer qu'une exactitude relative à » ces chiffres, jusqu'au jour où la Douane aura trouvé le moyen, » qui lui manque aujourd'hui, de définir les lieux véritables de » destination, au lieu de s'en tenir au pavillon du véhicule » transporteur. »

Un journal allemand, la *Gazette de Cologne*, s'est livré à une recherche intéressante dans le but de déterminer le chiffre des bénéfices que le commerce allemand procure à l'Angleterre, en faisant passer par des ports britanniques les marchandises expédiées vers les ports transocéaniques ou qui en viennent. En réunissant ces diverses sources de bénéfices, le journal allemand arrive aux chiffre suivants.

L'Angleterre gagne sur le commerce allemand, savoir :

1° Sur le fret.	Liv. st.	3.600.000	»
2° Commission des agents.	—	2.800.000	»
3° Primes d'assurances.	—	453.000	»
4° Intérêts des avances.	—	300.000	»
5° Commissions et salaires.	—	150.000	»
Soit un total de.	Liv. st.	7.303.600	»

ou de 150 millions de marks (187 millions de francs).

« Il est bon, dit la *Gazette de Cologne*, de ne point perdre de vue, en Allemagne, que, en attendant que la marine marchande et le commerce de l'empire puissent se développer assez pour per-

cevoir eux-mêmes les frais indiqués plus haut, on paie environ un demi-million de marks par jour à l'Angleterre pour des affaires commerciales que nous pourrions bien faire nous-mêmes. »

Autant en dirons-nous aux Français.

D'après M. Fleury, nous importons surtout des denrées alimentaires et des matières premières nécessaires à l'industrie. L'étranger ne nous les impose pas, dit-il, c'est nous qui allons les chercher. Il y a dans ces dernières paroles un simple jeu de mots, et je demanderai à M. Fleury que font en France et, principalement à Paris, ce nombre considérable de représentants de maisons étrangères et surtout allemandes? — Viennent-ils pour acheter nos produits ou, au contraire, pour vendre ceux qu'envoient les industries étrangères, qui souvent n'arrivent à s'écouler chez nous que sous le couvert de marques de fabrique contrefaites, afin de tromper l'acheteur qui, en acquérant ces marchandises, pense avoir des produits français?

Le résultat du droit de douane, vous a dit M. Fleury, est non seulement de frapper le produit étranger à son entrée en France, mais encore d'augmenter le produit français de toute l'importance du droit.

Ceci est complètement inexact. Le produit similaire français n'est jamais surélevé de toute l'importance du droit; le droit de douane ne fait que surélever dans une certaine mesure le prix du produit français, souvent même l'effet ne se produit pas du tout. Je vous en donnerai tout à l'heure un exemple.

« On trouve, dit M. Domergue dans les ouvrages doctrinaires de » cette époque (1860), des chapitres entiers consacrés à déve- » lopper cette idée: qu'un droit *sur le fer et l'acier a eu pour* » *résultat « d'augmenter le prix de la main-d'œuvre, tout en dimi-* » *nuant le salaire de l'ouvrier »* *(sic !)* Il y est dit: Si vous mettez un » droit sur le fer et sur l'acier, vous augmentez *le prix du mar-* » *teau de l'ouvrier, « l'instrument de son gagne-pain »* ! Vous prenez » ainsi sur son salaire ; vous prenez sur le salaire encore plus » modeste de l'ouvrière, car vous augmentez le *prix de son* » *aiguille !!!*

» Pas un de ces savants n'avait eu l'idée de compter combien » on pouvait faire de centaines de marteaux et de millions d'ai- » guilles avec 100 *kg* de fer ou d'acier, ces 100 *kg* qui paient » un droit de douane de 1 *f* 50 à 6 *f* lorsqu'ils viennent de » l'étranger, et ce n'est pas certainement le cas de tous les fers et

» de tous les aciers employés à la fabrication des aiguilles ou des » marteaux.

» Il y aussi la question du charbon de terre avec lequel on a » fortement impressionné le consommateur.

» Pensez donc ! si la houille est le « *pain des machines* », c'est » aussi le « *chauffage du pauvre* ». Or, le droit est de 1,20 *f* la tonne.

» Quelle économie pour l'ouvrier qui consomme peut-être le » quart, mettons la moitié d'une tonne de charbon dans son » hiver !...

» L'aiguille de l'ouvrière, le marteau du travailleur, le pain » des machines, le chauffage du pauvre et jusqu'à la « *truffe du* » *pauvre* », c'est-à-dire le sel... que nous allions oublier... ces » romances ont vieilli, comme toutes celles du même temps, » mais leurs auteurs les ont chantées tant et si bien, qu'ils leur » ont fait une espèce de popularité. De même qu'il nous revient » de temps en temps quelques échos des refrains abolis, vous » rencontrez encore des gens qui vous disent que « si tout a » augmenté, c'est à cause des droits qu'on a mis sur le fer, » l'acier et la houille.

» D'ailleurs, il était écrit que la phalange des faux prophètes se » tromperait en tout et pour tout.

» Mais qu'importe ? Ils ont une facon si personnelle et si com- » mode de se tirer d'embarras ! »

J'arrive maintenant à la partie des observations qu'a présentées M. Fleury, en ce qui concerne l'agriculture.

Manger et boire, vous a-t-il dit, sont deux besoins impérieux qu'il faut d'abord satisfaire, et lorsque des droits de douane pèsent sur les denrées alimentaires, ils ont des conséquences effroyables.

M. Fleury me permettra de lui dire qu'il n'a pas consulté les statistiques relatives au prix du pain, car, autrement, il ne vous aurait pas tracé un tableau aussi sombre qu'il l'a fait de la situation de l'ouvrier, qui voit augmenter le prix du pain chaque fois que l'on met un nouveau droit sur le blé.

Messieurs, dans ces dernières années, deux lois, l'une du 29 mars 1885, l'autre du 29 mars 1887, ont imposé des taxes à l'entrée des blés. Quelle a été leur influence sur le prix du pain ?

Sur ce point, j'avais invoqué devant vous l'autorité de M. Pouyer-Quertier, dont la compétence est incontestable, et je vous avais dit que le droit de 5 *f* sur les blés n'avait eu aucune influence sur le prix du pain.

M. Fleury a critiqué cette citation en termes très spirituels, je le

reconnais, mais j'ai le regret de lui déclarer aujourd'hui qu'il s'est trompé.

Il vous a dit que M. Pouyer-Quertier faisait probablement usage du pain riche et que celui-là n'avait en effet pas augmenté ; mais le pain ordinaire, a-t-il affirmé, le pain dont se nourrit l'ouvrier, a certainement augmenté. Je suis allé aux renseignements, Messieurs, et qu'ai-je constaté ? c'est que, n'en déplaise à M. Fleury, le pain ordinaire, celui dont se nourrit l'ouvrier, n'a subi aucune augmentation par suite de l'établissement du droit de 5 *f* sur les blés. Le consommateur ne paie pas son pain plus cher qu'auparavant, et ses charges en tant que contribuable sont diminuées de 68 millions, puisque les droits perçus à la frontière sur les blés étrangers ont procuré cette ressource au budget des recettes. L'intermédiaire, le boulanger, gagne peut-être un peu moins qu'auparavant, mais l'ouvrier ne paie pas son pain plus cher.

Tous ceux qui connaissent les prix des mercuriales et qui les rapprochent des prix de vente à la consommation savent quelle part prennent les intermédiaires avant de livrer les produits agricoles aux consommateurs.

Les prix sont réglés par des syndicats, formés par les intéressés eux-mêmes, qui ne font jouir le consommateur d'aucun des bienfaits que devrait leur procurer le bas prix.

Voici, d'après le *Bulletin municipal officiel* de la ville de Paris, l'évaluation du prix du pain pour la première quinzaine de janvier 1890 :

Prix moyen du quintal de farine pendant la quinzaine	Fr.	34,620
Frais de panification.		12,223
	Fr.	36,843

Le rendement étant de 130 *kg* de pain par 100 *kg* de farine, le kilogramme de pain revient à. . . . . Fr. 0,3603

Dans le tableau suivant, j'ai indiqué, d'après les statistiques officielles, le prix moyen du pain de 1875 à 1890.

Moyenne par année de 1875 à 1890.

Année.	Moy. par kilog.
1875 . . . . . Fr.	0,3644
1876	0,3929
1877	0,4342
1878	0,4398
1879	0,3989
1880	0,4298
1881	0,4313
1882	0,4232
1883	0,4095
1884	0,3717
1885	0,3315
1886	0,3350
1887	0,3515
1888	0,3640
1889	0,3652
1890 (janvier, avril)	0,3585

Enfin, le tableau suivant indique le prix de revient moyen du pain et le prix moyen de vente par les boulangers en 1886 et 1887.

Prix moyen du pain.

	1886			1887		
	PRIX MOYEN de vente DU KILOG. de pain dans les boulangeries	PRIX DU KILOG. d'après l'évaluation officielle	PRIX MOYEN DU QUINTAL de farine type	PRIX MOYEN de vente DU KILOG. de pain dans les boulangeries	PRIX DU KILOG. d'après l'évaluation officielle	PRIX MOYEN DU QUINTAL de farine type
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Janvier	0,34.98	0,32.54	30,081	0,38.58	0,35.90	34,505
Février	0,35.07	0,32.98	30,651	0,38.33	0,35.50	33,982
Mars	0,35.29	0,32.50	30,031	0,38.23	0,35.25	33.688
Avril	0,35.15	0,34.84	30,195	0,38.28	0,35.60	34,570
Mai	0,35.00	0,32.57	30,129	0,39.66	0,36.50	35,280
Juin	0,35.07	0,32.33	29,812	0,39.30	0,37.55	36,678
Juillet	0,35.05	0,32.93	30,595	0,39.13	0,36.35	35,037
Août	0,36.05	0,32.74	30,377	0,38.76	0,34.60	32,823
Septembre	0,36.63	0,34.00	32,036	0,38.25	0,33.30	31,151
Octobre	0,37.66	0,34.20	32,304	0,37.79	0,33.65	31,587
Novembre	0,37.69	0,35.15	33,525	0,37.81	0,33.52	31,418
Décembre	0,37.97	0,35.25	33,688	0,37.62	0,34.10	32,173
Moyennes de l'année	0,35.96	0,33.50	31.118	0,38.47	0.35.15	33,574

Les prix que je viens de vous indiquer sont empruntés aux statistiques officielles.

Devant ces prix, les arguments de M. Fleury tombent d'eux-mêmes.

Aucun partisan des droits à l'entrée sur les blés, le plus important des produits agricoles, ne veut le renchérissement du pain. Ce qu'ils veulent, c'est bien différent, c'est empêcher le prix du blé de descendre au-dessous d'une certaine limite qu'ils considèrent comme dangereuse non seulement pour les producteurs de blé, mais pour le pays tout entier, et surtout pour les ouvriers, qui sont, à juste titre, l'objet de la sollicitude de M. Fleury.

Notre sollicitude pour eux n'est pas moindre que la sienne, seulement nous préférons donner aux ouvriers du travail et de bons salaires. Nous pensons que cela vaut mieux que de leur fournir une alimentation à vil prix alors qu'ils ne gagneront pas la modique somme nécessaire pour se la procurer.

Les souffrances de l'agriculture à l'heure actuelle sont malheureusement incontestables. On peut différer d'opinion sur l'intensité de la crise, sur ses causes réelles, sur les moyens d'y remédier, mais on ne saurait méconnaître qu'elle a atteint une gravité exceptionnelle, qu'elle décourage nos cultivateurs et menace de porter atteinte aux forces vitales du pays et à la fortune publique.

Dans certains départements la crise est telle que non seulement les cultivateurs n'obtiennent plus uné rémunération de leurs travaux, mais que beaucoup d'entre eux voient disparaître le produit de leurs efforts antérieurs. De là résulte un découragement qui occasionne non seulement une réduction générale du prix des fermages, mais trop souvent l'abandon même de cultures qui ne paient pas leurs frais.

Toutes les personnes qui s'intéressent à l'agriculture connaissent sa détresse et en sont vivement préoccupées.

Le mal est déjà ancien; il s'est peu à peu aggravé. Les mauvaises années successives que l'agriculture a traversées de 1876 à 1885 ont achevé d'épuiser les ressources des fermiers et des petits cultivateurs.

Nombre de fermes sont abandonnées et le prix des baux, autrement dit la rente de la terre, a notablement baissé. Suivant les régions cette diminution atteint 25, 30 et même 50 0/0. Par suite on voit la propriété foncière diminuer sans cesse, au lieu de la voir s'accroître par suite des efforts des propriétaires successifs qui sans discontinuité enfouissent dans le sol des capitaux énormes espérant toujours l'améliorer.

Alors que les valeurs mobilières augmentent sans cesse, est-il juste, est-il conforme à l'intérêt général du pays, que la valeur de la terre aille constamment en diminuant? Il ne s'agit pas ici de l'intérêt particulier de quelques propriétaires et de l'importance de leurs revenus; le mal a pris de telles proportions qu'il cesse de soulever une question d'intérêt particulier; il soulève une question générale de premier ordre.

La diminution du revenu des terres n'est pas la cause de la crise agricole, c'en est plutôt la conséquence. L'augmentation des frais de production est l'une des causes principales de cette crise. Cette

augmentation tient d'abord aux charges et impôts de toute nature qui pèsent sur le pays, particulièrement sur l'agriculture et ensuite à l'augmentation des frais de la main-d'œuvre.

M. Fleury nous a dit que nous supportions facilement les charges de l'impôt; je crois qu'il se trompe. S'il veut bien s'adresser aux intéressés, il verra qu'il en est tout autrement. Si par suite de nécessités que je ne veux pas examiner, et notamment par suite de la nécessité d'entretenir constamment une armée nombreuse, nous sommes condamnés à subir un budget de près de 4 milliards, ne devons-nous pas faire contribuer à nos charges publiques des nations qui envoient sur notre marché des produits similaires à ceux que produit notre industrie nationale et qui leur font une concurrence des plus dangereuses? Tous les millions que nos douanes encaisseront seront autant de millions en moins à demander aux contribuables, de sorte que ce qu'ils perdront comme consommateurs, ils le retrouveront comme contribuables.

Par suite de ces charges le prix de revient des produits agricoles se trouve en même temps augmenté. Or, dans nos industries, quand les frais de production s'élèvent, le producteur n'a qu'une ressource pour échapper aux conséquences de cette augmentation, c'est de vendre ses produits plus cher. C'est ordinairement le remède au mal. Mais, dans la circonstance, il se trouve que, par une sorte de fatalité, bien loin de vendre leurs produits plus chers au moment où les frais de production augmentaient, les agriculteurs se sont trouvés en présence d'un avilissement du prix qui ne s'était jamais vu. Cet avilissement tenait uniquement à la concurrence étrangère.

Si l'on est à peu près d'accord pour reconnaître l'existence de la crise agricole et ses causes, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit du remède à y apporter et c'est ici que les divergences s'accentuent.

A mon avis, le remède doit consister à corriger les deux causes que je viens d'énumérer : ou il faut trouver le moyen de diminuer les frais de production, d'abaisser le prix de revient, ou il faut trouver le moyen de relever le cours des marchandises.

Je pense que les droits de douane, sans être le remède unique, ni une sorte de panacée, sont les moyens les plus prompts et les plus efficaces pour soulager l'agriculture.

M. Fleury n'est pas de cet avis: il tient au contraire pour le premier système et il ne veut pas entendre parler du second.

Il nous dit qu'on peut abaisser le prix de revient par l'emploi

d'autres moyens; en augmentant les rendements, en introduisant dans les méthodes agricoles les perfectionnements que la science indique, en remplaçant les vieux outils par les machines modernes, en réformant le mode de répartition de la propriété pour faire disparaître le morcellement qui constitue, je le reconnais aussi, un obstacle à la production ; si les terres sont épuisées, il faut leur rendre leur fertilité par les engrais chimiques.

Les bons conseils n'ont jamais manqué à l'agriculture. On a dit aux agriculteurs : Vous faites trop de blé ; transformez vos champs en prairies et en herbages et vous gagnerez de l'argent au lieu d'en perdre ; vous payez vos loyers trop chers, il faut que les fermages soient abaissés dans une mesure telle que vous puissiez soutenir la concurrence étrangère.

Tout cela est fort bien, mais je doute que ces moyens soient de nature à soulager notre agriculture d'une manière immédiate et efficace.

Sans doute, il serait bon, lorsque le sol et le climat s'y prêtent, de faire des herbages à la place des champs de blé ; mais c'est là une transformation qui exige beaucoup de temps et d'argent ; on ne peut pas la demander à des agriculteurs ruinés. Sans doute, l'agriculture doit s'industrialiser et recourir aux moyens de culture indiqués par la science ; or, pour faire de la culture perfectionnée, pour obtenir une amélioration dans le rendement, il faut enfouir dans la terre des sommes considérables.

Après les années qu'elle vient de traverser, peut-on donner à l'agriculture de semblables conseils? C'est absolument impossible. Il faut prendre les choses comme elles sont. On peut espérer des améliorations, dans un avenir plus ou moins éloigné, mais il faut aller progressivement, lentement, pour faire comprendre aux cultivateurs l'intérêt qu'ils ont à transformer leur mode de culture là où cela est possible. Mais il ne faut pas les pousser dans des entreprises exigeant des capitaux qu'ils sont dans l'impossibilité de se procurer à l'heure actuelle.

Si l'on abaisse le loyer de la terre de 40 ou 50 0/0, il est évident que sa valeur vénale, qui n'a déjà que trop diminué, descendra dans une proportion égale, sinon plus forte, ce qui serait tout à fait contraire à l'intérêt général du pays, comme je vous l'indiquais il y a un instant.

Quant au morcellement du sol, il ne date pas d'aujourd'hui ; il existe depuis bien longtemps, et, s'il a des inconvénients, n'a-t-il pas quelques avantages ? L'acquisition d'un lambeau de terre, si

minime qu'il soit, attache le paysan à son pays et surexcite son ardeur au travail. Il est incontestable qu'il faut encourager cette tendance, afin d'empêcher les populations rurales de se porter en masse vers les villes, disputer aux ouvriers de l'industrie le peu de travail qui leur reste.

Du reste, qu'il soit avantageux ou nuisible, le morcellement existe et on ne voit guère comment on pourrait aujourd'hui le faire disparaître.

Lorsque le tarif des douanes de 1881 fut élaboré, le blé se vendait un prix rémunérateur (28 à 30 *f* le quintal), aussi aucun des orateurs qui portèrent à la tribune les réclamations des populations rurales ne demanda d'augmenter le droit de 0,60 *f* qui frappait ce produit. Il fut seulement admis qu'il ne serait point compris dans les traités de commerce que l'on conclurait à l'avenir.

Mais cette situation ne tarda pas à se modifier, le prix du blé baissa les années suivantes jusqu'à 23 *f* en 1884 et 21 *f* en 1885. Pour répondre aux plaintes unanimes de tous nos cultivateurs, le Parlement éleva, par une loi du 29 mars 1885, le droit sur les blés à 3 *f* par quintal. Cette taxe ne remédia pas à la situation; elle empêcha seulement les cours du blé de diminuer encore, mais elle ne les releva point. Alors, intervint une nouvelle loi du 29 mars 1887 qui porta le droit à 5 *f*. Celle-ci n'a pas encore eu pour résultat de rendre le prix du blé rémunérateur.

Ces deux lois donnèrent lieu à de vives discussions entre partisans et adversaires des taxes. Ces derniers affirmaient qu'elles auraient pour conséquence immédiate une élévation considérable du prix du pain, et seraient ainsi une lourde charge pour un grand nombre de familles d'ouvriers. Ils reçurent des faits un éclatant démenti. Non seulement le prix du pain n'augmenta pas, mais le prix moyen des années 1885 et 1887 fut inférieur à celui de 1884. De 1885 à ce jour, la valeur du pain a toujours été inférieure à ce qu'elle fut pendant les dix années précédentes de 1875 à 1885.

Au contraire, les résultats de l'application des nouveaux droits donnèrent pleinement raison à ceux qui avaient soutenu que le droit ne se répercuterait pas intégralement sur les cours et n'aurait aucune influence sur le prix du pain qui varie, du reste, d'une ville à une autre, alors que le blé et la farine y ont le même cours. Ces deux lois n'ont donc causé aucun préjudice aux ouvriers; elles ont eu pour effet d'empêcher la ruine de l'agriculture française; mais malheureusement elles n'ont point rendu à cette

branche de notre activité nationale sa prospérité d'autrefois. Le prix du blé n'est pas encore rémunérateur.

En admettant même qu'un nouveau droit sur le blé fasse légèrement augmenter le prix du pain, cette augmentation n'atteindrait jamais 0,05 *f* par pain de 2 *kg*.

Voilà le maximum de sacrifice demandé au consommateur; et, par contre, il y aurait une plus-value payée au vendeur, plus-value qui assurerait le retour de la prospérité dans nos campagnes.

Et alors, ces propriétaires que notre collègue M. Fleury ne paraît pas considérer beaucoup, feront de nouveau travailler les ouvriers des campagnes; ces agriculteurs, qui auront retrouvé la prospérité, redeviendront les clients des industriels des villes.

C'est ainsi que les ouvriers retrouveront le travail et les salaires rémunérateurs, ce sera la fin de la crise générale. Je crois que c'est un résultat qui vaut bien le sacrifice demandé au consommateur

Il y a, en effet, entre les intérêts de l'agriculture et ceux de l'industrie et du commerce, une solidarité plus étroite qu'on ne se l'imagine généralement. Les 18 millions de Français qui pratiquent l'agriculture ou en vivent, sont les premiers et les meilleurs clients de nos commerçants : ils consomment nos produits industriels autant que leurs ressources le leur permettent. Ils achètent beaucoup dans les bonnes années, peu dans les années médiocres et se privent tout à fait dans les années mauvaises. D'où il résulte que le commerce et l'industrie subissent forcément le contre-coup des misères de l'agriculture. Une crise agricole entraîne fatalement une crise industrielle.

Au moment où nous recherchons de nouveaux débouchés pour notre commerce, devons-nous négliger 18 millions de consommateurs français qui ne demandent qu'à consommer nos produits et n'en sont empêchés que par la crise agricole. En combattant cette crise dans la mesure de nos moyens, nous obtiendrons de meilleurs résultats et à de moindres frais que par de lointaines expéditions.

Je vous demanderai la permission de vous citer encore ici un passage de l'ouvrage de M. Domergue :

« Le besoin d'échanges internationaux, dit-il, se fait sentir chez » tous les peuples : c'est une loi de progrès à l'encontre de la- » quelle il serait puéril et dangereux de vouloir aller. Chaque » pays a des produits qui lui sont propres et qui dépassent les be- » soins de la consommation : il a intérêt à exporter le trop-plein.

» La France est elle-même dans ce cas. Elle possède toutefois » un des plus riches marchés intérieurs du monde, un marché de » 25 à 30 milliards, et 46 700 000 consommateurs à pourvoir, en » tenant compte de la population des colonies.

» Voilà ce que les chercheurs de débouchés lointains perdent » souvent de vue.

» *Vingt-cinq milliards!* c'est un joli chiffre d'affaires.

» A la vérité, qu'est-ce que notre commerce extérieur en com- » paraison de celui-là? Pas tout à fait la huitième partie, 3 mil- » liards seulement, et, depuis dix ans, ce chiffre n'a pas varié, » pour ainsi dire, tandis que l'importation grossit toujours.

» Sans doute nous tenons à conserver notre marché extérieur, » quelque relativement modeste qu'il soit, nous souhaitons même » le voir se développer. Mais n'est-ce pas agir en vrai fous que » de lui sacrifier la plus importante de nos ressources, le plus sûr » de nos débouchés? Est-ce un bon ménage qui met la main à la » poche pour acheter ce qu'il peut recueillir de son propre fonds? » qui, pour faire valoir la terre d'autrui, laisse la sienne en » friche? »

Après nous avoir parlé des mines et de la métallurgie, M. Fleury nous a dit que nous avions une supériorité incontestable en ce qui concerne les produits finis, ceux dont l'exécution exige de l'intelligence et du goût; qu'il fallait, par conséquent, transformer nos industries et que les ouvriers passeraient facilement d'un travail à un autre.

Sur ce point, M. le Président a déjà répondu à M. Fleury, et il vous a dit que c'était une grave erreur de croire qu'un ouvrier passait facilement d'un mode de travail à un autre.

Enfin, M. Fleury a terminé en disant que le libre-échange est le seul moyen d'augmenter la production nationale.

Je suis d'un avis tout opposé et je crois vous avoir déjà démontré que j'avais raison. Néanmoins, je vous demande encore la permission de dire quelques mots sur ce sujet, en invoquant l'autorité de notre sympathique Vice-Président, M. Périssé.

Dans une conférence qu'il a faite à l'École des Hautes Études commerciales, le 24 février 1886, et ayant pour titre : *Ni libre-échange ni protection*, M. Périssé a examiné quelles étaient pour la production française les conséquences du libre-échange et de la protection. Il a nettement établi que le libre-échange serait la ruine de la France.

Sa conférence est des plus instructives, et j'aurais plaisir à vous

la lire tout entière. Néanmoins, je ne veux pas abuser de vos moments et je ne vous en signalerai que les points principaux.

« Nous avons étudié, a-t-il dit, quels étaient les prix de revient » des machines en France, Angleterre, Allemagne et Belgique, et, » frappé de notre infériorité à ce point de vue, nous avons recher- » ché quelles étaient les causes des différences dans les prix de » revient. Après l'Exposition d'Amsterdam, nous en avons fait » l'objet d'un rapport au Ministre du commerce, qui a été publié » avec son autorisation, après avoir été présenté à la Société des » Ingénieurs civils, dans le but de provoquer les observations et » les rectifications que cette étude pouvait comporter.

» Il serait trop long de parler ici de cette étude avec quelques » détails ; nous nous contenterons de dire seulement que la » France n'est pas en décadence industrielle, puisque dans les » expositions internationales, les machines françaises ont été pri- » mées pour l'ingéniosité de leurs dispositions et pour leur bonne » exécution ; mais elle est moins bien partagée que ses voisines » du Nord, au point de vue des richesses naturelles et de la posi- » tion géographique, toutes choses contre lesquelles elle ne peut » rien.

» Ainsi la houille existe en Angleterre et en Allemagne beau- » coup plus pure et de meilleure qualité qu'en France : qu'y pou- » vons-nous ? Les couches de ce précieux combustible minéral » sont plus puissantes et plus faciles à exploiter qu'en France : » qu'y pouvons-nous ?

» Au point de vue des ports de mer naturels et des rivières » dans lesquelles les marées se font sentir au loin, notre infério- » rité est notoire principalement vis-à-vis de l'Angleterre : qu'y » pouvons-nous ?

» Où trouver en France, dans le voisinage de la mer et d'une » rivière à marées, la houille abondante à côté du minerai abon- » dant, comme dans le Cleveland, en Angleterre ? Nulle part.

» Nos gisements de houille étant pour la plupart loin de la mer, » nos grands centres industriels sont donc loin de la mer. Com- » ment alors lutter sur le marché étranger, puisque nous avons » à supporter, en outre, un transport forcément plus coûteux ? Car » les transactions pour l'exportation se traitent le plus souvent au » port d'embarquement, la voie maritime étant la voie de transport » la plus économique.

» Au point de vue des impôts, n'avons-nous pas de plus lourdes » charges, en raison de nos désastres récents et de l'obligation

» dans laquelle nous sommes de perfectionner notre outillage na-
» tional puisque la nature nous a moins favorisés? Les impôts
» représentent en France près de 100 *f* par tête, tandis qu'ils ne
» dépassent guère 50 *f* dans les autres pays.

» Il n'est pas contestable et il n'a été contesté par aucun homme
» technique, qu'au point de vue du prix de revient du fer et de
» l'acier et de la plupart des machines, notre infériorité est inévi-
» table vis-à-vis de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Belgique.
» Ceux qui l'attribuent à l'imperfection de nos procédés et de
» notre outillage industriel se trompent. Notre infériorité pour les
» industries dont il s'agit, et pour bien d'autres, tient à ce que
» nous sommes moins bien partagés que nos voisins, au point de
» vue de l'importance de leurs richesses naturelles et de leur si-
» tuation géographique. »

Ensuite M. Périssé examine quelles seraient pour la France les conséquences de l'adoption du libre-échange pour diverses branches de notre activité nationale.

« Avant le libre-échange, une compagnie française de construc-
» tion de machines fournissait du matériel industriel au fabricant
» de sucre son voisin dans le nord de la France. Depuis la sup-
» pression des droits aux frontières, la concurrence anglaise et
» allemande a fait fermer les ateliers du mécanicien, et le fabri-
» cant de sucre prend ses machines en Angleterre, en échange
» de livraisons de sucre. Mais au bout de quelque temps, le corres-
» pondant anglais écrit: « Je ne peux plus continuer à vous ache-
» ter du sucre, car j'ai intérêt à l'acheter en Allemagne, d'où il
» me revient meilleur marché ».

» Alors le fabricant de sucre réunit les cultivateurs qui lui
» fournissent la betterave et les ouvriers qui lui donnent la main-
» d'œuvre et il leur dit : « Je vendais ma production moitié en
» France, moitié en Angleterre; mes affaires allaient bien, mais
» voilà que l'Angleterre achète maintenant du sucre allemand qui
» lui est vendu meilleur marché. Il faut donc, ou que je réduise
» de moitié le nombre de mes ouvriers et la quantité de bette-
» raves, ou bien que vous fassiez les uns et les autres un sacrifice
» en réduisant vos prix, auquel cas je vous assure que je conti-
» nuerai à vous employer tous et à vous acheter des betteraves
» dans la même proportion ».

» Les ouvriers ne trouvant pas à s'occuper dans d'autres indus-
» tries, acceptent une diminution de salaire. Ils le peuvent, à la

» rigueur, puisque les denrées alimentaires et les vêtements » coûtent meilleur marché, étant plus abondants sur la place, et, » par suite, plus offerts.

» Quant aux cultivateurs, ils acceptent aussi de réduire le prix » de leurs betteraves, car ils ne peuvent pas faire autrement. » Leur terre ne peut pas produire de vin, ni autre chose dont le » prix soit aussi rémunérateur que celui de la betterave, même » ainsi diminué. Ils ne veulent pas laisser leurs terres incultes ; » ce serait perdre le patrimoine qu'ils ont reçu de leurs parents » et qu'ils ont le devoir de transmettre à leurs enfants. D'ailleurs, » comme les outils, les vêtements et autres objets de consomma- » tion coûtent moins cher, ils peuvent arriver, en bien travaillant, » à vivre eux et leur famille, mais à la condition de supprimer » quelques petites jouissances qu'ils se donnaient de temps en » temps, c'est-à-dire un voyage, un objet d'ameublement, qui » augmentait le confortable de leur intérieur, etc.

» Conclusion : Le grand constructeur mécanicien a disparu ; il » s'est fait industriel d'art, ou bien il a considérablement réduit » ses ateliers pour se borner à construire des machines brevetées » pour lesquelles il a un monopole de quelques années encore. » Le fabricant de sucre est resté dans la même situation ; il paie » moins cher ses betteraves, ses machines, sa main-d'œuvre, » mais il vend son sucre moins cher. Les ouvriers sont restés dans » la même situation, ils ont perdu comme producteurs ce qu'ils » ont gagné comme consommateurs. Les cultivateurs ont perdu, » car pour continuer à vivre sur leurs terres, ils sont obligés de » se priver, de se restreindre sur le petit superflu qu'ils pou- » vaient se donner avant l'établissement du libre-échange.

» Un constructeur de travaux et ponts métalliques des environs » de Paris réunit ses ouvriers et leur dit : « Depuis que le libre- » échange existe, je lutte avec quelque avantage contre la con- » currence étrangère sans avoir eu jusqu'ici besoin d'avoir recours » à une diminution de salaire, lequel est, vous le savez, beaucoup » plus élevé qu'en Allemagne et en Belgique. J'ai pu lutter, parce » que je suis puissamment outillé et très bien secondé par mes » ingénieurs dont la supériorité technique s'est affirmée dans les » concours qui ont eu lieu, vous le savez, dans plusieurs pays » étrangers, à propos de grands ouvrages métalliques. Les Fran- » çais sont toujours sortis victorieux de ces concours internatio- » naux.

» Je paie mes fers plus cher que les étrangers parce que je dois

» payer le transport depuis la forge étrangère jusqu'à nos ate-
» liers; mais, par contre, étant en France, plus près du lieu d'em-
» ploi, j'ai des frais de transports moindres pour les fers déjà
» manutentionnés et prêts à être posés. Seulement les affaires
» baissent parce que je ne reçois plus autant de commandes de
» l'étranger. Mes concurrents se perfectionnent, l'habileté de
» leurs ingénieurs augmente et atteindra bientôt celle des nôtres,
» de sorte que, plus favorisés que moi, au point de vue du prix
» de revient, à l'atelier, ils m'ont déjà enlevé plusieurs affaires
» hors de France.

» Aujourd'hui une grosse affaire se présente et voilà pourquoi
» je vous ai réunis. Il s'agit de la construction de tous les ponts
» à établir pour les chemins de fer du Tonkin. Vous savez que nous,
» Français, qui avons versé notre sang, qui avons dépensé notre
» argent pour ouvrir le Tonkin — au commerce du monde entier,
» — vous savez que nous ne nous sommes réservé aucune situa-
» tion privilégiée. Nous devons le regretter. Eh bien! la construc-
» tion des ponts va nous échapper, parce qu'en raison surtout du
» prix de la main-d'œuvre que vous me demandez, je ne pourrai
» pas lutter contre les Anglais, les Allemands ou les Belges.

» Vous allez me dire que les ouvriers anglais gagnent autant et
» peut-être plus que vous. Mais vous savez que la position insu-
» laire et les richesses naturelles de l'Angleterre en houille et en
» fer abaissent le prix de revient du constructeur anglais, et que
» le fret étant moins élevé au départ d'Angleterre qu'au départ de
» France, il y a là pour eux un autre motif de diminution du prix
» de revient.

» Mais, vous le savez bien, les ouvriers belges ou allemands
» gagnent moins que vous. Je ne peux donc pas lutter sur le
» marché étranger avec mes concurrrents de Belgique et d'Alle-
» magne qui ont les fers à meilleur marché et aussi la main-
» d'œuvre. Donc, si vous voulez que nous fassions les ponts du
» Tonkin, baissez un peu votre salaire, sinon, il faudra céder la
» place aux étrangers, et je serai dans la pénible obligation de
» remercier une partie d'entre vous.

» Les ouvriers acceptent la proposition de leur patron et, finale-
» ment, ils sont dans la même situation qu'avant le libre-échange.

» Un raisonnement identique serait tenu s'il s'agissait de cons-
» tructions métalliques à faire en Tunisie, où, malgré notre pro-
» tectorat, les Français et les étrangers sont soumis au même
» régime commercial. »

M. Périssé a terminé sa conférence par l'examen des deux questions suivantes :

« 1° L'établissement du libre-échange aurait-il pour effet d'augmenter ou de diminuer le bien-être de la majorité des Français !

» 2° La France, comme nation, serait-elle élevée ou abaissée par le libre-échange.

» Première question. — Rappelons d'abord que chacun est producteur ainsi que consommateur, que chacun ne doit consommer que jusqu'à concurrence de ce qu'il produit, et, s'il consomme davantage, il touche à la réserve et s'appauvrit. Un individu marche donc vers sa ruine quand il dépense plus qu'il ne gagne ; de même il épargne et s'enrichit en augmentant son capital lorsqu'il produit plus qu'il ne consomme.

» Néanmoins, le producteur se distingue du consommateur. En effet, le producteur offre le résultat de ses efforts et de son travail, il cherche à en augmenter la valeur le plus possible, de façon à recevoir en échange le plus possible d'autres produits ou d'autres services qui lui sont utiles et qui répondent à ses besoins, à ses désirs. Il devient alors « demandeur », et il recherche l'utilité des produits ou des services, alors que, comme producteur, il n'avait en but que leur valeur.

» Chacun est donc bien, à la fois, producteur et consommateur et doit être considéré en cette double qualité qui semble être oubliée de part et d'autre, soit pour ne pas nuire à une argumentation, soit pour satisfaire des intérêts.

» Si l'on pouvait considérer tous les peuples de la terre comme n'en formant qu'un seul, la qualité de consommateur l'emporterait et s'harmoniserait avec l'intérêt public. Le libre-échange, en effet, conduit à une meilleure utilisation des richesses et des forces gratuites que la nature a mises à la disposition de l'humanité. D'ailleurs, ne l'oublions pas, la consommation est le but définitif de tout effort, de tout travail, de toute production. Et, ce à quoi nous aspirons tous, c'est que chacun de nos efforts réalise pour nous la plus grande somme possible de bien-être.

» Mais, ramenée au point de vue de l'intérêt des Français, la question n'est plus la même. Elle demande à être examinée dans l'espèce au point de vue des résultats, par rapport à ce qui existe actuellement.

» En résumé, nous croyons que les Français perdraient comme » producteurs, comme donneurs de services. Or, les produits s'é- » changent contre des produits, les services contre des services, » nous n'en recevrions que jusqu'à concurrence de ceux que » nous donnerions.

» Sur le marché français, même après l'établissement définitif » du libre-échange, les choses ne seraient donc pas plus abon- » dantes. Le seraient-elles tout autant? Oui, si la diminution dans » la valeur de nos produits nationaux était équivalente à la dimi- » nution dans la valeur des produits échangeables; en un mot, si » nous avions gagné comme consommateurs ce que nous aurions » perdu comme producteurs. Dans ce cas, le bien-être n'aurait » pas augmenté, il serait resté le même.

» Il n'y aurait, en définitive, aucun avantage, mais les Français » se seraient appauvris, ils auraient perdu une partie de leur » capital en réserve. De plus, il aurait fallu traverser une période » de transition semée de ruines et de souffrances. On aurait donc » perdu à ce double point de vue sans pouvoir espérer un profit » ultérieur.

» Les Français n'ont donc pas intérêt au libre-échange.

» A un autre point de vue, la localisation des industries par » pays créerait, au bout de quelque temps, un monopole pour un » ou plusieurs pays mieux placés ou plus favorisés que les autres, » pour telle ou telle industrie dont les produits s'imposent. Il » arriverait que ce ou ces pays syndiqués deviendraient maîtres » du marché, les concurrences étant éteintes, et qu'ils pourraient » arbitrairement augmenter la valeur de leurs produits pour aug- » menter leurs produits au préjudice de leurs voisins dont les » produits n'auraient pas une utilité absolue.

» En un mot, le monopole pourrait exister, non pas au profit de » quelques producteurs nationaux, comme dans le système pro- » hibitif, mais au profit de producteurs étrangers contre lesquels » on serait impuissant. Il pourrait survenir une crise plus nuisible » aux intérêts des Français que sous le régime actuel.

» En établissant la concurrence sur le marché français, entre » les produits nationaux et les produits étrangers, on n'aurait à » craindre ni le monopole ni l'arrêt dans le progrès. Nos indus- » tries nationales seraient stimulées par la concurrence; mais » elles auraient la possibilité d'exister. C'est là un poids très im- » portant par rapport à l'intérêt national. C'est l'objet de la der- » nière question qu'il nous reste à examiner.

» Deuxième question. — La France, comme nation, serait-elle » élevée ou abaissée par le libre-échange.

» Sur ce point, notre opinion est formelle. La nation française » serait amoindrie, et abaissée par le libre-échange.

» La disparition de ses grandes industries métallurgiques et » mécaniques lui enlèverait les moyens de fabriquer elle-même » ses armes, ses outils, ses vaisseaux de guerre, ses rails et ses » locomotives. Tous ces objets nécessaires à son existence lui » seraient fournis par ses voisins, les Anglais, les Allemands ou » les Belges, qui pourraient fabriquer le fer et l'acier nécessaires » au monde entier pendant plusieurs siècles.

» Il est vrai que la France fournirait de l'autre côté de la Manche » et du Rhin des œuvres d'art, des objets et des produits artis- » tiques, de beaux bijoux, des vins délicats, des modistes, des » coiffeurs et des cuisiniers!...

» Poser la question c'est la résoudre.

» Lorsqu'un peuple ne peut plus fabriquer ses armes et l'ou- « tillage national, ce peuple dégénère. Il perd son indépendance » car, nous le répétons encore, nous ne croyons pas que l'humanité » puisse entrer pour toujours dans la paix et dans la justice. Elle » ne serait pas l'humanité, si cela pouvait être. Lisons son histoire » depuis quatre mille ans, et nous y verrons que presque toujours la » force a primé le droit. Sans doute, des progrès ont été accom- » plis, l'humanité est perfectible, elle marche vers une civilisation » plus grande, mais le moment est-il venu pour nous de désarmer » et de présenter seulement le Droit, la justice et les intérêts ma- » tériels pour résister à la Force, à l'Injustice et à la Domination?

» Nous ne le croyons pas, ce serait être dupes, et nous disons :

» Soyons forts, si nous voulons rester libres. La première condi- » tion pour être forts, c'est de ne pas être à la discrétion de nos » voisins pour l'armement et pour l'entretien incessant de nos » arsenaux. De même qu'il faut perfectionner toujours l'outillage » de la paix, de même, nous ne le savons que trop, il faut perfec- » tionner sans cesse l'outillage de la guerre. Le pourrions-nous, » si les Anglais et les Allemands nous fournissaient nos chemins de » fer, nos armes et nos vaisseaux de guerre? Non, certainement.

» En perdant notre indépendance, nous perdrions notre dignité » et notre influence morale.

» Voilà pourquoi nous ne voulons pas du libre-échange ; nous » le repoussons parce que nous voulons que notre patrie française » reste grande, forte et libre. »

Il est incontestable, Messieurs, que l'industrie supporte en ce moment une crise violente et prolongée. Cette crise a deux causes: d'abord l'augmentation de l'importation étrangère qui est telle que tandis que jusqu'en 1876 nos exportations se balançaient sensiblement avec nos importations, aujourd'hui les importations l'emportent sur les exportations d'une quantité considérable. Elle a aussi une autre cause : nos industries pour le plus grand nombre travaillent surtout pour le marché intérieur, et il faut que les agriculteurs (j'appelle ainsi les propriétaires fonciers, les cultivateurs, les fermiers, les ouvriers de la culture et tous ceux qui en vivent), il faut que les agriculteurs puissent mettre les deux bouts l'un vers l'autre pour acheter les produits de l'industrie.

C'est ainsi que la détresse de l'agriculture rejaillit sur l'industrie, et c'est de la détresse de l'agriculture que vient la crise industrielle.

Lorsque le tarif des douanes a été revisé en 1880, nous n'étions plus dans la même situation qu'en 1860; les charges du pays s'étaient considérablement aggravées et avaient augmenté dans des proportions énormes les frais de production de nos industriels et de nos agriculteurs. C'est une raison pour relever nos tarifs. Nous en avions une autre, c'est que tous nos voisins avaient relevé les leurs. Et puis, à cette époque, on apercevait déjà dans le lointain les conséquences inévitables de la révolution économique dans les moyens de circulation et de transport qui a mis tous les marchés du monde les uns à la portée des autres et les a rendus à un tel point solidaires qu'ils ne forment pour ainsi dire plus qu'un. Nous avions donc en 1881 le droit incontestable de relever nos tarifs; cependant nous ne l'avons pas fait. Nous nous sommes montrés généreux envers nos concurrents; nous avons même aggravé notre situation puisque nous avons diminué ou supprimé les droits sur un grand nombre de produits.

Ce système, s'il a été funeste pour nous, a été fort avantageux pour nos concurrents.

M. Simon vous a fait remarquer à la dernière séance que nous étions le pays le plus chargé d'impôts. Je ne suis point partisan des prohibitions, mais j'estime que l'impôt est dû par tout le monde. Eh bien! lorsque tous les produits français paient une surcharge, il est juste que les produits étrangers paient un droit identique; le droit de douane n'est donc en réalité qu'un droit de compensation. Quand les produits étrangers arrivent sur notre territoire, ils se servent de nos canaux, de nos routes, de nos che-

mins de fer, construits avec l'argent des contribuables français. Ils profitent de la sécurité de notre police. En équité, peut-on contester à l'État le droit de faire payer aux produits étrangers une part de la sécurité et des profits qu'ils trouvent sur notre territoire?

En France, la moyenne de l'impôt par habitant est de 115 *f* tandis qu'elle n'est que de 35 *f* en Amérique. Une fabrique américaine employant 2 000 personnes ne supporte donc qu'une charge de 70 000 *f* tandis qu'une fabrique française occupant le même nombre d'ouvriers paye au Trésor 230 000 *f*. C'est une différence de 160 000 *f* au désavantage de la fabrique française, qui sera dans l'obligation de fermer ses ateliers s'il n'y a pas de droits compensateurs.

Tant mieux, dit-on, le consommateur achètera les produits américains à 160 000 *f* meilleur marché.

Oui, seulement l'usine qui rapportait 230 000 *f* au Trésor ne rapportera plus rien. C'est 230 000 *f* qu'il faudra prendre dans la maison des consommateurs sous forme de nouveaux impôts. Ils auront gagné 160 000 *f* en perdant 230 000 *f*, tout cela en ruinant la production française.

Au moment où nous allons reprendre notre liberté d'action, ce serait un crime que de commettre la même faute. L'état actuel de l'opinion fait heureusement espérer qu'il n'en sera point ainsi. Les partisans du libre-échange sont en infime minorité dans le Parlement. D'un autre côté, à de rares exceptions près, les conseils généraux, dans leur dernière session, ont été unanimes pour demander que les traités de commerce soient dénoncés et qu'à l'avenir la France conserve sa liberté d'action.

Il est incontestable qu'il y a unanimité presque absolue dans toute la France pour établir cette ligne de conduite, la seule qui soit réellement conforme aux intérêts de l'industrie comme à ceux de l'agriculture, c'est-à-dire à ceux des travailleurs de toutes les classes de la société.

Je ne saurais mieux faire que de vous citer encore ici un passage de M. Domergue : « Il est certain, dit-il, qu'en théorie le libre-
» échange est séduisant, comme tout ce qui évoque une idée de
» relations amicales, de paix et de fraternité universelle, ou d'a-
» cheminement vers cet idéal. Il peut même se faire qu'à un mo-
» ment donné, il entre dans le domaine des choses réalisables,
» quand l'évolution économique du globe sera terminée. Mais s'il
» est possible que le libre-échange soit l'avenir, la protection est
» la nécessité du moment.

» Sous prétexte que dans certains pays plus favorisés que le » nôtre on file, on tisse, on forge, on fabrique à meilleur compte, » nos travailleurs doivent-ils cesser de filer, de tisser, de forger, » de fabriquer?

» Que ferez-vous de nos paysans français qui sont plus de vingt » millions? En attendant l'âge d'or que vous nous promettez, » avez-vous un moyen de les faire vivre autrement qu'en travail- » lant la terre? C'est le seul qu'ils connaissent. Si vous ne pouvez » pas leur en indiquer un autre, souffrez qu'ils s'en tiennent à » celui-là, et permettez-nous de les empêcher de mourir de faim » provisoirement.

» Encore vingt-cinq ans de votre régime, c'est plus qu'il n'en » faut pour achever de ruiner la France : permettez-nous de la » sauver. »

Messieurs, je ne reviendrai pas sur la question du double tarif; je l'ai examinée dans une précédente séance. Je termine en concluant :

1° Que nous devons dénoncer les traités de commerce actuels et ne point les renouveler;

2° Établir un double tarif; le tarif minimum étant suffisamment élevé pour permettre à l'agriculture de se relever et à l'industrie de soutenir la concurrence étrangère.

CHRONIQUE

N° 125.

Sommaire.— Accident du paquebot *City of Paris*.— Pose d'une conduite sous l'eau.— Eaux d'alimentation des chaudières.— Locomotives américaines.— Tramways de la Grande-Bretagne.— Prix du charbon pour locomotives en Angleterre.

Accident du paquebot *City of Paris*.— L'accident arrivé récemment au paquebot *City of Paris*, de la ligne Inman, a eu un immense retentissement dans le monde maritime. Comme il comporte des enseignements de plus d'une nature, et qu'il a déjoué pour ainsi dire toutes les prévisions humaines, nous croyons utile d'en reproduire les particularités les plus intéressantes.

Nous avons donné, dans la chronique de mai 1889, page 870, une description assez complète de ce navire et de son appareil moteur pour qu'il suffise de rappeler ici que le *City of Paris* est mû par deux hélices actionnées chacune par une machine à triple expansion, développant 10 000 chevaux indiqués environ. Chaque machine est composée de trois cylindres accolés dont chacun commande un coude de l'arbre ; ces cylindres ont respectivement 1,214 *m*, 1,796 *m* et 2,889 *m* avec course égale pour tous de 1,525 *m*. Le premier cylindre reçoit la vapeur des chaudières à la pression effective de 10,5 *kg*. Les arbres font normalement de 87 à 88 tours à la minute. Les deux machines sont chacune dans un compartiment isolé de l'autre par une cloison étanche, disposée dans l'axe longitudinal de la coque. Cet isolement, de même que la division du moteur en deux parties, division nécessitée d'ailleurs par l'énormité de la puissance à développer, semblait une garantie à peu près absolue de sécurité, ce qui permettait à la Compagnie Inman de publier dans ses annonces que jamais navire plus sûr n'avait traversé l'Atlantique.

Ceci posé, voici d'abord les faits, tels qu'ils sont exposés dans l'*Engineering*, n° du 4 avril dernier. Le mardi 25 mars, à 5 heures 30 du soir, pendant que le navire faisait route vers la côte d'Irlande, à sa vitesse ordinaire, par beau temps et dans les conditions les plus favorables pour arriver prochainement à l'achèvement heureux de sa première année de service, le cylindre à basse pression de la machine de tribord se brisa en plusieurs pièces ; sa rupture amena celle des tuyaux de prise d'eau à la mer et une perforation de la cloison étanche qui sépare les deux machines, de sorte que les deux compartiments se remplirent rapidement. Les machines s'arrêtèrent, celle de tribord la première, et l'autre peu après.

L'émoi fut grand parmi les passagers, mais il n'y eut rien qui ressemblât à une panique, l'attitude calme du capitaine Watkins écartant toute crainte de danger immédiat. Le navire n'ayant pas de voilure, il n'y avait qu'à attendre des secours; on fit, néanmoins, par mesure de précaution, tous les préparatifs de sauvetage convenables, on fit disposer les embarcations et distribuer des ceintures de sauvetage aux passagers.

Le paquebot dériva pendant quarante heures, pendant lesquelles on dut mettre tout le monde aux pompes à bras pour tenir le navire à flot, les pompes à vapeur étant sous l'eau. Enfin le navire fut rencontré par l'*Aldersgate* et remorqué par lui jusqu'à Queenstown, où des plongeurs bouchèrent les ouvertures des prises d'eau, ce qui permit de vider le navire ; celui-ci put alors, avec le secours de la machine de bâbord, restée intacte, gagner Liverpool où on le fit immédiatement passer à la forme pour rechercher la cause du désastre et examiner l'état de la coque.

Le fait brutal est celui-ci : un navire pourvu de toutes les installations nécessaires pour assurer la sécurité et le confort des passagers a vu instantanément annihiler la totalité de sa puissance motrice, de ses moyens d'épuisement. Tous les appareils mécaniques de manœuvre de gouvernail, de levage, d'éclairage électrique, etc., 37 machines auxiliaires, la plupart hydrauliques, ont été supprimés et on a été réduit aux moyens les plus primitifs qu'on rencontre sur le plus simple voilier. La coque du navire a reçu près de 3 000 m^3 d'eau et il est certain que si le paquebot se fût trouvé en plein Océan, au lieu d'être près de la côte d'Irlande et que le temps eût été quelque peu mauvais, les cloisons étanches, qui, d'après des témoins oculaires, prenaient des flèches effrayantes, auraient fini par céder et il est probable qu'on n'aurait jamais plus entendu parler du *City of Paris* ni des 1 000 personnes qui étaient à bord.

Voici maintenant comment l'accident peut être expliqué. Dès que le navire fut à sec dans la forme, on s'aperçut que l'hélice de tribord était de beaucoup en arrière de l'autre, et que son arbre se trouvait cassé dans le tube par lequel il sort de la coque. Comme les deux faces de la cassure étaient rouillées, il n'était pas douteux que la rupture n'eût eu lieu à la mer et ne fût des lors le point de départ de la catastrophe. Il y avait tout d'abord à rechercher la cause de cette rupture.

L'arbre de l'hélice était enveloppé comme d'habitude d'un manchon de bronze de 25 *mm* d'épaisseur, frottant sur le coussinet de support. Il s'était, pour une cause quelconque, produit une usure anormale entre les parties en contact. Le manchon de bronze avait entièrement disparu dans cette partie et l'arbre lui-même, en acier Vickers de 520 *mm* de diamètre, avait été fortement entamé, ainsi que le support en acier coulé dans lequel il tournait. Celui-ci contenait une garniture en gayac qui avait complètement disparu ; ces diverses usures avaient amené une dénivellation qu'un témoin estime à près de 20 *cm*. On comprend que la flexion résultant de ce fait combinée avec l'effort de torsion dû au travail de propulsion ait amené la rupture de l'arbre.

Un journal américain rapporte le témoignage d'un passager du *City of Paris*, qui, se trouvant à l'arrière du navire au moment de l'accident et entendant un bruit et une vibration générale de la coque analogue, dit-il, à ce qu'on éprouverait sur un train déraillé et roulant sur les traverses de la voie, eut l'idée de regarder par-dessus la poupe et vit que l'hélice de tribord continuait à tourner lentement, bien que la machine correspondante fût déjà à ce moment entièrement démolie.

Il est certain que la suppression brusque de la résistance dans une machine développant 10 000 chevaux à une vitesse de 85 tours a dû

amener une accélération formidable de la vitesse avant que les mécaniciens pussent même s'en apercevoir. Les masses en mouvement avaient des valeurs énormes ; ainsi le grand piston pesait 10 tonnes, sa tige 3, la tête 2, la bielle 7 ; total 22 tonnes.

On a cherché à expliquer la rupture du grand cylindre par la compression qui se serait produite avec l'emportement de la machine de la vapeur que le condenseur n'aurait pas pu absorber assez rapidement. Cette vapeur comprimée aurait fait voler en éclats les fonds des cylindres. On explique également la rupture du cylindre par celle de l'emmanchement du piston et de la tige. Le piston étant devenu libre aurait brisé le cylindre. Diverses autres explications ont été présentées, quelques-unes très originales mais plus ou moins vraisemblables; on pourrait faire un volume là-dessus. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'une fois la tige libre et le cylindre brisé, les pièces attachées à la manivelle du grand cylindre continuèrent, sous l'action des deux autres cylindres à exécuter leur mouvement de rotation suivant un cercle de diamètre énorme en brisant tout sur leur passage.

De ces avaries, deux eurent une gravité particulière : La rupture du condenseur amena l'invasion du compartiment de la machine brisée par l'eau qui passait librement de la mer à l'intérieur par les pompes de circulation du type centrifuge.

D'autre part, la tige du piston formant marteau perfora la cloison étanche séparant les deux machines, et l'eau du compartiment de tribord passant dans l'autre par les déchirures de la cloison, noya également le compartiment de bâbord et réduisit à l'impuissance la machine restée intacte. Cette eau, en s'introduisant par des ouvertures de 0,50 *m* de diamètre avec une charge de plusieurs mètres, mit moins de dix minutes pour remplir entièrement le premier compartiment et à peine une demi-heure pour noyer le second.

Il est difficile de se faire une idée de l'état de destruction de la partie de la machine correspondant au grand cylindre, à moins d'avoir eu sous les yeux les photographies qui ont été données par les journaux anglais. Il nous suffira, pour en donner une appréciation, d'indiquer qu'en dehors de l'arbre légèrement tordu mais resté dans ses supports, et portant encore attachée à la manivelle la bielle courbée sur une flèche de 0,30 *m* et la tige du piston cintrée en demi-cercle, il ne reste rien au-dessus de la plaque de fondation que 1 *m* environ des grands bâtis en A en acier coulé pesant 14 *t* ; au-dessus gisent, dans un fouillis inextricable, les débris de la machine depuis les deux morceaux du cylindre brisé suivant les génératrices représentant 45 *t*, jusqu'à de menus morceaux de fer tordus et enchevêtrés provenant des parquets, garde-corps, tringles de manœuvres, etc., sans oublier le condenseur éventré dont les tubes sortent à demi.

On sait que le *City of Paris* avait une coque à double fond. La paroi intérieure du fond a été déchirée, mais la paroi extérieure est restée intacte. Le fait le plus grave a été la déchirure malencontreuse de la cloison entre les deux machines, qui a amené l'annihilation de la seconde, laquelle, sans cette circonstance, eût amené le navire à bon port avec les deux tiers de sa vitesse normale.

Comme nous l'avons dit au début, il y a de précieux enseignements à retirer de cet accident sans précédent, que bien peu de chose pouvait changer en une catastrophe irréparable. Les Anglais y voient surtout le triomphe de la science du constructeur de navire, la coque étant demeurée absolument intacte au milieu d'un désastre inouï, et cette résistance ayant assuré le salut des passagers et de l'équipage. D'autres, moins optimistes, parmi lesquels les journaux américains, considèrent que la manière dont les choses ont tourné a dépendu surtout du peu de distance de la terre et du beau temps, et que, sans méconnaître les qualités du navire, on peut craindre que, dans des circonstances moins favorables, on n'eût peut-être jamais entendu parler du *City of Paris* et de ce qu'il portait. Évidemment, il sera toujours impossible d'empêcher la rupture d'un arbre d'hélice ; il s'en est rompu des centaines, même à la mer, mais jamais avarie de ce genre ne s'est traduite par des conséquences aussi graves, autant du moins qu'on peut le savoir.

L'application de régulateurs efficaces pour prévenir l'emportement de la machine n'aurait-elle pu empêcher la destruction de celle-ci ? Les journaux anglais sont remplis de discussions sur cette question, comme sur tout ce qui se rattache à l'accident.

On a fait observer avec raison que, dût-on entretenir en permanence un homme la main sur la commande de la valve de prise de vapeur des machines, prêt à la fermer à la moindre alerte, la dépense serait absolument insignifiante sur un paquebot dont chaque traversée coûte des sommes considérables, surtout en regard des conséquences que cette précaution pourrait prévenir.

Admettons à la rigueur la démolition de la première machine, telle qu'elle s'est produite : devait-elle forcément entrainer l'envahissement complet de la chambre de cette machine sans qu'on pût tenter le moindre effort pour s'y opposer? Il est probable qu'on pensera à mettre maintenant des vannes de fermeture des prises d'eau, manœuvrables depuis les ponts supérieurs, comme on le fait pour les vannes des cloisons étanches.

Continuons. L'inondation du premier compartiment devait-elle inévitablement amener l'annihilation de la seconde machine, annihilation qui a rendu inutile la division du moteur en deux parties, précaution qu'on regardait comme donnant une garantie absolue contre toute possibilité de manque de la puissance motrice ? Supposons encore qu'il n'eût pas été possible de faire la cloison de séparation assez robuste pour l'empêcher d'être perforée par un choc accidentel, n'était-il aucun moyen de prévenir l'invasion par la mer du second compartiment ? On a rappelé que la présence à bord d'un appareil de plongeur eût certainement mis à même d'aveugler facilement avec des matelas ou objets analogues les déchirures de la cloison et de changer presque du tout au tout les conséquences de l'accident.

Un fait sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention est le spectacle inouï que présentait un navire possédant absolument intactes 9 chaudières contenant 54 foyers et pouvant donner la vapeur nécessaire à 20 000 chevaux et sur lequel tous les moyens d'épuisement se trouvaient réduits à deux ou trois misérables pompes à bras et à des baquets. Tous

les appareils à vapeur, hydrauliques, électriques, etc., étaient dans les compartiments inondés. Si jamais le dicton populaire : « Mettre tous ses œufs dans le même panier, » a été justement appliqué, c'est bien dans ce cas. C'est dans cet ordre d'idées surtout que l'accident dont nous nous occupons doit amener des réflexions salutaires.

On a rappelé également à ce sujet une idée qui ne paraît pas être nouvelle et qui n'en est peut-être pas plus mauvaise. C'est qu'il ne serait ni difficile ni coûteux de disposer les chambres des machines de manière à pouvoir, en cas de voie d'eau, être mises presque instantanément sous pression, comme les chambres de chauffe dans le procédé de tirage forcé employé notamment sur les torpilleurs. On serait ainsi à l'abri contre les voies d'eau les plus formidables provenant des parties basses de la coque. On a indiqué encore bien d'autres précautions dont l'énumération nous entraînerait beaucoup trop loin.

Il est certain qu'on doit doublement s'applaudir que la catastrophe sans exemple du *City of Paris* n'ait entraîné que des pertes matérielles, d'importance secondaire d'ailleurs par rapport à ce qu'elles auraient pu être, d'abord pour le fait lui-même et ensuite parce que les utiles enseignements qu'aura amenés cet accident, et qui se traduiront par de nouveaux progrès et de nouvelles précautions dans la construction et la conduite des grands paquebots transatlantiques et de leurs appareils moteurs, n'auront pas été, comme tant d'autres, payés par une hécatombe de victimes.

Pose d'une conduite sous l'eau. — Voici, d'après l'*Engineering News*, un exemple d'une pose rapide, simple et économique, de conduite sous l'eau, opération qui n'est généralement pas sans difficultés sérieuses. M. F.-A. Pecke, ingénieur civil à Watertown, a eu occasion de poser en eau profonde une conduite de 300 *m* de longueur pour aller aspirer dans le lac Champlain et à distance de l'eau qui, près du bord, était trop impure pour l'emploi auquel on la destinait.

On choisit des tubes d'acier de 0,200 *m* de diamètre, fabriqués par soudure en spirale dans une fabrique à East Orange (New Jersey) ; on les réunit par des brides en fonte unies par des boulons avec joint étanche. Un des bouts de la conduite fut fermé hermétiquement et on poussa cette partie dans le lac, où elle flotta. On continua à mesure la réunion successive des bouts de tuyau, jusqu'à ce que la longueur entière de 300 *m* flottât sur la surface du lac.

La conduite fut alors amenée à la position qu'elle devait occuper; l'extrémité fermée fut débouchée et la longueur totale s'immergea tranquillement dans 5 *m* d'eau sans qu'aucun des joints ait eu à souffrir.

Il n'a été nécessaire d'employer dans l'opération d'appareils d'aucune sorte ni dans la construction de joints flexibles ou aucune précaution particulière. Il est cependant évident qu'on ne saurait se servir de tuyaux de fonte pour un travail de ce genre, à cause de la rigidité due à l'épaisseur et de la fragilité de la matière, tandis que la tôle d'acier très mince convenait parfaitement pour des tuyaux qui n'avaient aucune pression à supporter. Cette conduite, qui sert à l'aspiration d'une pompe à vapeur, donne toute satisfaction depuis qu'elle est posée.

Eaux d'alimentation des chaudières. — Nous croyons intéressant de donner un résumé d'une communication faite tout récemment par M. E.-G. Constantine à l'Association des Ingénieurs de Manchester sur les eaux d'alimentation et leur effet sur les générateurs.

L'auteur a toujours été frappé du peu d'intérêt que la plupart des chauffeurs et, il faut le dire, des propriétaires de chaudières, semblent porter à la conduite de ces appareils et du peu de connaissance qu'ils ont de ce qui les concerne. Ils ne paraissent pas se douter que la négligence apportée dans cette opération peut se traduire par des sommes considérables dépensées en combustible et en réparations, sans compter les risques effroyables que court la vie, non seulement des ouvriers et employés, mais encore des voisins des ateliers où fonctionnent ces dangereux engins.

L'eau avec laquelle on alimente les chaudières peut provenir de sources ou de puits, de rivières, lacs, canaux, de marais, de mines, de citernes ou de distributions d'eau, ces dernières étant elles-mêmes alimentées par des rivières ou des sources. Toutes ces eaux, ou la presque totalité, contiennent en dissolution ou en suspension des matières solides susceptibles de produire des dépôts dans les chaudières.

On est peu d'accord sur la dépense de combustible qu'entraine l'existence des incrustations sur les surfaces de chauffe des générateurs. Le professeur J.-C. Rogers estime la dépense supplémentaire à 15 0/0 pour une épaisseur de 1 1/2 *mm*, 30 0/0 pour 3 *mm*, 60 0/0 pour 6 et 150 0/0 pour 12. D'autres auteurs comptent moins, 13 0/0 pour 1 1/2, 38 pour 6 et 60 pour 12 *mm*.

Il est probable qu'il n'y a rien d'absolu et que la perte dépend beaucoup des circonstances et des conditions particulières des chaudières.

D'autre part, des expériences faites par l'Association pour l'inspection des chaudières à Munich ont indiqué des faits très extraordinaires.

Des essais ont été faits sur la même chaudière, mise dans un état de propreté parfaite, successivement avec de l'eau préalablement épurée et avec de l'eau très chargée de sulfate de chaux.

Chaque essai dura 195 heures consécutives sans arrêt, avec huit mesurages de l'eau vaporisée dans le même temps pour constater la modification apportée à la vaporisation par les incrustations augmentant à mesure d'épaisseur. On constata que, lorsque l'épaisseur de la couche était en moyenne de 6 *mm* et atteignait par places 9 *mm*, la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de combustible n'avait pas subi de réduction appréciable; de sorte que l'effet de l'incrustation à ce point de vue était tout à fait nul. Les essais n'ont pu malheureusement être poussés assez loin, parce que, les tôles du coup de feu commençant à rougir, on crut prudent d'en rester là.

L'auteur n'a pas été assez heureux pour obtenir des renseignements tirés de la pratique courante suffisants pour éclairer ce point, mais il ne lui paraît pas contestable que la présence, dans l'eau d'alimentation, de sels pouvant amener la formation d'incrustations, ne soit une cause sérieuse de perte de combustible, et cela pour la raison suivante : le calorique étant une forme du mouvement, toute cause qui tend à entraver la continuité des molécules par lesquelles le mouvement est transmis

affecte cette transmission; la présence des incrustations, surtout de celles qui sont formées de carbonate de chaux et de magnésie, de silicates, etc., lesquelles, examinées au microscope, sont trouvées composées de fines particules avec des intervalles entre elles, produit cette solution de continuité. Les dépôts formés par les sulfates de chaux et de magnésie sont plus serrés et plus compacts et n'interrompent pas la continuité au même degré.

Les dépôts pulvérulents ont une action plus pernicieuse que les sulfates et les carbonates. Un excès de dépense de combustible peut être également amené par la présence de matières en suspension dans l'eau, lesquelles se mêlant avec les globules de vapeur retardent la circulation et cet effet se trouve aggravé par l'existence de matières grasses.

Une statistique dressée en 1882 établissait qu'il y avait à cette époque dans le Royaume-Uni environ 140 000 chaudières à vapeur, sans compter celles des locomotives, bateaux à vapeur, installations de chauffage, etc. Ce nombre doit être aujourd'hui grandement dépassé. On voit à quel total peut s'élever une perte même très minime de combustible sur chaque chaudière.

Le moyen le plus efficace d'empêcher la production des dépôts et la corrosion est l'emploi d'une bonne eau d'alimentation, c'est-à-dire d'une eau ne contenant ni acides, ni matières organiques, notamment des graisses, et n'ayant qu'une faible proportion de sels de chaux, magnésie ou soude, et exempte de nitrates, de sulfates et d'ammoniaque.

Si on ne peut se procurer des eaux de telle nature, le mieux est — si toutefois c'est réalisable pratiquement — d'épurer l'eau préalablement à son emploi. Il y a, pour réaliser cet objet, quantité de procédés patentés ou non, qui se ressemblent tous plus ou moins, mais dont chacun est déclaré le meilleur par l'inventeur ou le propagateur. Un des plus anciens et des plus connus est celui du docteur Clarke, dans lequel un lait de chaux ajouté à l'eau à épurer dans des réservoirs *ad hoc* se combine avec l'acide carbonique en excès et précipite le carbonate de chaux qui reste au fond et qu'on peut séparer par décantation.

Ce procédé convient très bien lorsqu'il n'y a que du carbonate de chaux, mais il n'agit pas sur les sulfates et, lorsqu'il en existe, l'épuration se trouve très incomplète. *(A suivre.)*

Locomotives américaines. — Nous avons souvent signalé le travail considérable qu'on exige des locomotives aux États-Unis. Le *Railroad Gazette*, sous le titre « Un intéressant essai de locomotive », donne les faits suivants que nous reproduisons textuellement.

Une machine à marchandises, classe R du Pensylvania Railroad, le type le plus puissant construit à Altoona, dans un essai fait récemment sur le Pittsburg, Fort Wayne et Chicago R.R, a remorqué 79 wagons de minerai de fer, plus 6 de fonte, total 85 wagons formant une charge totale de 2 400 *t.* Sur une portion du parcours, il y avait une rampe de 15 pieds par mille (0,0284 *m* par mètre). Sur cette pente la machine dut marcher à pleine admission, le régulateur entièrement ouvert; la vitesse descendit à 6 milles à l'heure (9,66 *km*); mais l'expérience démontra que l'adhérence était suffisante pour utiliser la puis-

sance totale développée par les cylindres sans patinage et que la machine pouvait remorquer sur la rampe signalée plus haut l'énorme charge qu'on lui avait attelée. Le poids sur les essieux moteurs est de 100 600 *liv.* (45 572 *kg*), sur le truc 14 025, total 114 625 *liv* (51 925 *kg*), à quoi il faut ajouter le poids du tender 56 800 *liv* (25 730 *kg*), ce qui fait pour le moteur un poids total de 171 425 *liv* (77 655 *kg*) ou 85 *t* (de 2 000 *liv*) mais comme le tender pouvait être en partie vide, on réduira le poids du moteur à 80 *t* ce qui fera un poids total de train de 2 480 *t.* (2 246 880 *kg*).

Avec 6 livres de résistance en palier plus 5,6 pour la résistance due à la gravité sur la rampe de 15 pieds par mille, la résistance totale du train sera de $2\,480 \times 11.6 = 2\,8768$ *liv* donnant un coefficient d'adhérence de $\frac{100\,600}{28\,768}$ égal à environ 3.5, ce qui confirme de nouveau les nombreux faits qui prouvent que l'effort de traction utilisable des locomotives américaines varie entre le tiers et le quart du poids agissant pour l'adhérence.

En Europe on parait attacher peu d'importance à accroitre la charge trainée par les locomotives et nous ne connaissons pas d'exemples où on ait cherché à obtenir plus du cinquième du poids adhérent.

L'examen de l'article ci-dessus nous ayant inspiré quelques doutes, nous avons tenu à nous reporter aux dimensions des machines capables de réaliser de pareils tours de force. Les machines de la classe R du Pensylvania R. R. sont des machines type *Consolidation* (quatre essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant) ayant des cylindres de 20 pouces de diamètre et 24 de course, des roues de 50 pouces et une pression maxima à la chaudière de 140 livres par pouce carré. Ces données conduisent à un effort de traction théorique de 12 495 *kg*. L'effort réalisé dans l'expérience, 28 768 livres ou 13 032 *kg*, dépasserait donc l'effort théorique de 4,3 0/0. Comme l'effort théorique ne saurait être réalisé entièrement, même sur les pistons, puisqu'il correspondrait à un diagramme absolument rectangulaire, qu'il y a, de plus, à en défalquer les résistances du mécanisme qu'on ne peut évaluer à moins de 10 à 12 0/0, et qu'enfin le coefficient de résistance au roulement en palier de 2,72 *kg* par tonne de 906 *kg* ou 3 *kg* par tonne de 1 000 *kg* parait bien faible appliqué à une machine à quatre essieux accouplés, on est obligé d'admettre, si les faits rapportés sont exacts, ou que la pression aurait été élevée considérablement au-dessus de la pression maxima ou que la rampe aurait une longueur assez faible pour être franchie par la vitesse acquise, deux conditions qui ôteraient à l'expérience toute valeur réelle.

Il nous a paru utile de signaler ce fait parce qu'on voit souvent les publications américaines donner des chiffres qui paraissent absolument impossibles à expliquer. Nous avons sous les yeux une note émanant d'une maison très sérieuse de construction de locomotives où sont énumérées les charges qu'un nouveau type de machines peut remorquer sur diverses inclinaisons à des vitesses indiquées. Il est dit, entre autres, que la machine peut remorquer derrière le tender 251 *t* sur une rampe de 150 pieds par mille, à la vitesse de 30 milles à l'heure; le poids de la machine et du tender est de 170 000 livres.

Si on fait le calcul de l'effort de traction, et remarquons en passant

combien est laborieux avec les mesures anglaises le compte de la résistance en rampe que nous effectuons si simplement par l'application de 1 *kg* par millimètre d'inclinaison, on trouve, avec 3 *kg* par tonne en palier, un effort de traction total de 9 558 *kg*, correspondant à $\frac{1}{4,6}$ du poids adhérent. Jusque-là, il n'y a rien à dire, mais si on multiplie cet effort par la vitesse de 13,33 *m* par seconde pour 30 milles ou 48 *km* à l'heure, on trouve un travail net de 127 408 kilogrammètres ou 1 700 chevaux, qui exigerait un travail brut de près de 2 000 chevaux qu'aucune locomotive ne peut donner, à beaucoup près, sauf le cas où une grande partie de ce travail serait fournie par la vitesse acquise, supposition qu'on ne saurait admettre dans un calcul sérieux. On se demande quelle utilité il peut y avoir à insérer des assertions de cette nature dans des documents destinés à un public restreint, spécial et parfaitement à même de juger de la valeur des choses qu'on soumet à son appréciation.

Tramways de la Grande-Bretagne. — Dans l'exercice qui s'est terminé le 30 juin 1888, les tramways de la Grande-Bretagne avaient une longueur totale de 1 455 *km* et étaient exploités au moyen de 25 832 chevaux, 514 locomotives et 3 501 voitures. Le nombre des voyageurs transportés s'est élevé à 428 996 000, donnant une recette brute de 69 900 000 *f*. Les dépenses d'exploitation, de 54 360 *f*, soit 77 0/0 en moyenne des recettes brutes ont, laissé un excédent de 15 540 000 *f*, soit 10 680 *f* par kilomètre.

Dans le dernier exercice, celui du 1er juillet 1888 au 30 juin 1889, la longueur totale des tramways s'est élevée à 1 527 *km*, desservis par 27 060 chevaux, 539 locomotives et 3 645 voitures, qui ont transporté 477 396 000 voyageurs. Les recettes brutes ont été de 75 500 000 *f* et les dépenses de 56 660 000, soit 75 0/0 des recettes brutes, laissant un excédent de 18 840 000 *f*, soit 12 300 *f* par kilomètre. Il y a, comme on le voit, une amélioration sensible par rapport à l'année précédente.

Prix du charbon pour locomotives en Angleterre. — Les Compagnies anglaises se préoccupent vivement du renouvellement de leurs contrats pour la fourniture de combustible à locomotives en présence de la hausse du charbon. Jusqu'en 1889, la plupart des lignes payaient le meilleur charbon du South-Yorkshire à 7,50 *f* la tonne. En juillet 1889, ce prix s'éleva à 10,75 et, dès le commencement de cette année, le *North-Eastern* a payé 13,25 *f*. On prévoit ce chiffre comme minimum pour le mois de juillet prochain. Cela représente en deux ans une hausse de 75 0/0. L'importance de cette augmentation des prix peut être appréciée par le fait qu'avant la hausse le *London-and-North-Western* consommait par an pour 6 750 000 *f* de coke et charbon; le *Midland*, pour 5 750 000; le *North-Eastern*, pour 5 millions, et enfin le *Great-Western*, pour 4 750 000 *f*. Ces chiffres sont donnés par l'*Iron*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1890.

Rapport de M. Hirsch sur un **Système de distribution pour machine à vapeur,** de M. Charbonnaud.

Ce distributeur est constitué par un organe tournant percé d'ouvertures convenables qui, suivant la position qui lui est donnée, mettent l'un ou l'autre des côtés du cylindre en communication avec la chaudière ou avec l'échappement.

Le principe est loin d'être nouveau, mais le système proposé présente des combinaisons intéressantes. Le distributeur a la forme tronconique et reçoit un mouvement alternatif d'un excentrique.

La position des lumières aux extrémités d'un même diamètre neutralise les pressions exercées sur la clé et rendent le distributeur sensiblement équilibré. Le serrage est exercé par un ressort à pression variable qui agit sur la tête du robinet ; enfin le graissage est réalisé d'une façon ingénieuse, au moyen de canaux divergeant à partir d'un robinet graisseur.

Rapport de M. Brull sur les travaux de M. Parenty relatifs au **Mouvement des fluides.**

M. Parenty, ingénieur des Manufactures de l'État, a entrepris une longue série de recherches sur l'écoulement des fluides, lesquelles l'ont amené à la construction d'un grand nombre d'appareils tels que, machines à fumer, pour l'essai de la combustibilité des tabacs, appareils de lavage méthodique, réservoirs à niveau constant, régulateurs et jaugeurs de cours d'eau, compteurs d'eau, de gaz et de vapeurs, etc.

Le rapport entre dans quelques détails sur le jaugeur de cours d'eau qui a été appliqué au jaugeage de la rigole des marais de Compalet, la principale artère de l'alimentation du canal d'Orléans. Le principe de cet appareil repose sur l'emploi d'une caisse mobile immergée dans le bief d'amont d'un barrage et qui subit une poussée proportionnelle à la perte de charge qu'il s'agit de mesurer. La poussée subie par la caisse est indiquée sur un cadran, tracée sur un graphique et totalisée de manière à permettre la lecture du débit sur les cadrans d'un compteur.

M. Parenty a également construit un compteur d'eau pour conduites forcées qui a été employé pendant l'Exposition de 1889 à la mesure de la consommation de la grande gerbe des fontaines lumineuses.

Le rapport signale encore un siphon de chasse pour égouts et un régulateur à gaz. Il termine en disant quelques mots d'un appareil très intéressant, mais qui ne paraît pas avoir été encore soumis à des essais suffisants pour en affirmer la valeur définitive, un compteur de vapeur.

Rapport de M. Édouard Simon sur une **Machine à chiner les rubans de laine**, de MM. Mahon frères, à Roubaix.

On sait que le chinage consiste dans l'application de la matière colorante sur les fils d'une manière spéciale et en vue d'effets particuliers. La machine de MM. Mahon a pour objet d'effectuer simultanément le chinage à deux couleurs en faisant passer le ruban entre des rouleaux qui le compriment entre des reliefs parallèles, lesquels déposent la couleur sur les faces opposées du ruban qui, dans l'intervalle des reliefs, conserve sa couleur naturelle.

Rapport de M. Appert sur le nouveau **four à chaleur concentrée** dit **four Metenier.**

Les fours à flammes renversées permettaient difficilement jusqu'ici d'obtenir les températures élevées nécessaires pour la cuisson des porcelaines, faïences opaques et produits analogues.

M. Metenier a cherché à remédier à cet inconvénient et y a réussi par des dispositions ingénieuses appliquées aux conduits de gaz et au mode d'évacuation de ceux-ci. On réalise par ces moyens une économie de combustible qui paraît s'élever à 40 0/0.

Un calendrier perpétuel, par M. Ed. Collignon.

Cette note est accompagnée de trois tableaux dont le premier donne les lettres des divers quantièmes de chaque mois pour une année commune et dans les deux styles. Le second renferme les lettres dominicales des années dans le nouveau style et donne sous une forme très condensée les résultats correspondants à quatre cents années grégoriennes consécutives, période suffisante pour épuiser toutes les combinaisons de jour et de date. Le troisième tableau est relatif à l'ancien style.

Ces divers tableaux permettent de résoudre à vue un certain nombre de questions relatives aux dates.

Sur **l'Emploi et la fabrication des tôles de Fox** pour les chaudières et le matériel roulant par M. G. Richard.

Les tôles ondulées de Fox pour foyers de chaudières ont reçu de très nombreuses applications, comme on sait. La note de M. Richard décrit le mode de fabrication de ces foyers au moyen d'un laminoir spécial. Les tôles embouties ont été récemment appliquées par M. Fox aux chassis des locomotives, tenders et wagons, et on a pu en voir des échantillons à l'Exposition universelle de 1889. On évite par ce moyen des assemblages compliqués et on obtient une grande légèreté sans diminution de résistance. Ces pièces se fabriquent avec des presses hydrauliques puissantes. Il est intéressant de signaler que toute la fabrication se fait à l'usine de M. Fox au moyen de gaz à l'eau dont il se produit 1 200 m^3 à l'heure au prix de 0,015 *f* par mètre cube. On l'y emploie également pour l'éclairage.

Outil pneumatique de Mac-Coy.— Cet appareil est un marteau-pilon actionné dans un cylindre par l'air comprimé ou la vapeur et frappant une suite rapide de coups sur un manche d'outil. On peut obtenir plus de 5 000 coups par minute. La course est très faible, elle varie de 3 à 6 *mm* seulement. Cet appareil s'applique au dressage des pierres, au matage des chaudières, au repoussage, au découpage du métal, etc. Cet article est traduit du *Journal of the Franklin Institute.*

Fabrication des alliages d'aluminium, par les procédés Combe, par M. Ivanoy (traduit du *Journal of the Franklin Institute*).

Il s'agit de la description de l'usine de Milton (Angleterre), où l'aluminium est produit par le procédé Cowles, au moyen d'une installation très importante. La force motrice est obtenue par une machine de 600 chevaux à laquelle la vapeur est fournie par des chaudières du type Babcock et Wilcock, pourvues d'appareils mécaniques d'alimentation qui réduisent à un homme le personnel employé à leur service.

La machine motrice commande par une transmission à cordes la dynamo qui fonctionne à 380 tours et produit normalement 5 000 ampères et 60 volts. Le courant passe dans 12 fours électriques contenant la matière à traiter, laquelle est composée, pour la production du bronze d'aluminium, de cuivre métallique et d'alumine ou corindon. L'opération dure une heure et demie, dont une demi-heure pour le chauffage des fours. Chaque opération donne en moyenne 90 *kg* d'alliage à 14 0/0 d'aluminium, soit 12,6 *kg* de ce métal.

Les alliages qu'on obtient sont :

1° Le *bronze d'aluminium* qui a une très grande ductilité, une résistance à la traction de 89 à 90 *kg* par mm^2 et a déjà reçu beaucoup d'applications.

2° Le *laiton d'aluminium* qui est d'un prix moins élevé que le précédent a une résistance de 97 *kg* par mm^2 ; il se fond, se forge et se moule facilement ; il a une faible pesanteur spécifique et résiste mieux que le laiton ordinaire aux influences extérieures.

3° L'*alliage de nickel et de bronze d'aluminium* est employé pour les instruments de chirurgie ; il acquiert un beau poli et résiste bien aux actions atmosphériques et aux liquides organiques.

4° *Bronze de silicium.*— En remplaçant le corindon par du sable blanc, on obtient du bronze de silicium, employé avec succès pour la télégraphie et la téléphonie.

5° *Alliage de fer et d'aluminium.*— On sait que la présence d'aluminium dans le fer, l'acier et la fonte, même en très petite quantité, a la propriété d'en abaisser le point de fusion et permet d'obtenir un métal plus malléable et un moulage sans soufflures.

Pyromètre à air de Wiborg (traduit du *Dingler's Polytechnische Journal).*

Les pyromètres à air ont été jusqu'ici basés sur l'augmentation de volume de l'air chauffé à pression constante, ou sur son augmentation de pression à volume constant. Le pyromètre de Wiborg est fondé sur un principe intermédiaire, entre les deux, qu'il serait difficile de faire comprendre sans le secours de la figure qui accompagne la description.

Les mines de Nickel dans l'Oural (traduit du *Zapiski*).— Après des recherches prolongées et longtemps infructueuses, on a découvert récemment dans l'Oural un gisement considérable de minerai contenant au minimum 5 0/0 de nickel. Il renferme très peu de soufre, des traces seulement, ce qui le distingue des minérais de nickel d'Europe et d'Amérique. Le nickel a déjà d'assez nombreuses applications, comme on sait; de 280 *f* le *kg* en 1860, son prix est descendu à 10 *f* en 1884, ce qui permet de l'employer en alliages avec le cuivre, l'argent, etc., pour divers usages, ou en placage sur acier pour la fabrication des instruments de cuisine, des réflecteurs de lumière ou pour le revêtement des métaux par voie de dépôts galvaniques.

ANNALES DES MINES

6me livraison de 1889.

Note sur **quelques détails des plans inclinés automoteurs**, par M. VILLOT, inspecteur général des mines.

De quelques faits observés récemment, l'auteur tire les conclusions suivantes qu'il paraît intéressant de reproduire :

1°. Au point de vue de la durée des câbles en acier pour plans inclinés, en l'état actuel des choses, on devrait considérer comme prudent de ne pas descendre au-dessous de 1 *m* de diamètre d'enroulement pour des fils élémentaires de 1 à 1,3 *mm* de diamètre, avec des augmentations progressives pour des diamètres plus forts.

2°. Il est certainement très imprudent de descendre, même pour les fils les plus fins, au-dessous de 50 *cm* de diamètre d'enroulement.

3°. Toutes choses égales d'ailleurs, les poulies à gorge étroite, où le câble se coince pour réaliser une grande adhérence, doivent activer l'usure d'une manière sensible.

4°. Il y a intérêt à éviter sur les voies parcourues par les bennes, les points singuliers des voies qui amènent nécessairement des chocs périodiques, surtout quand la disposition des choses sera telle que ces chocs se produiront au moment où une même portion du câble, généralement le milieu, subira la fatigue de l'enroulement; cette considération sera d'autant plus sérieuse que la vitesse du mouvement sera plus grande et logiquement l'on devra, si la situation des travaux implique le plan incliné réduit avec croisement au milieu, surveiller particulièrement ce milieu du câble ou s'arranger pour le déplacer fréquemment sur la poulie travaillante.

5°. Au point de vue de la certitude de l'arrêt dans l'éventualité d'une rupture, les freins qui réalisent l'adhérence sur des gorges en demi-tore,

par un nombre suffisant d'enroulements, offrent plus de sécurité que les engins à grande adhérence où l'enroulement n'est que de trois, ou à plus forte raison que d'une demi-circonférence.

Note sur **la propagation latérale des mouvements d'effondrement dans les mines**, par M. VILLOT, inspecteur-général des mines.

Il s'agit d'un fait observé en 1879, dans le bassin du Fuveau, où une galerie de roulage fut écrasée sur une longueur de 700 *m*. L'ébranlement s'est propagé pendant plusieurs jours et les secousses, qui firent croire à un tremblement de terre, se firent sentir dans des localités assez éloignées. On peut évaluer à 112 le rapport de la superficie sur laquelle le mouvement ondulatoire s'est traduit à la surface du sol à celle où la secousse initiale s'est produite.

Mémoire sur **l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva**, par M. de LAUNAY, ingénieur des mines.

Cet important mémoire fait d'abord l'historique de l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva, laquelle remonte à une période antérieure à la venue des Phéniciens ; on suppose que c'était là la Tharsis de la Bible ; cette industrie prit une grande extension sous les Romains, comme on peut en juger par les nombreux puits et galeries qu'on trouve encore aujourd'hui, et par les énormes amas de scories provenant d'une exploitation peu avancée. Cet historique va jusqu'à l'époque actuelle.

Une deuxième partie est consacrée à l'étude de la constitution géologique de la région et contient la description des gisements métallifères.

La troisième partie décrit les méthodes d'exploitation des gisements, généralement à ciel ouvert, et la quatrième, le traitement métallurgique qui a varié considérablement avec les époques. On a, en effet, employé successivement trois méthodes : la cémentation naturelle, la cémentation artificielle et la fusion sur place des minerais riches combinée avec la cémentation des pyrites pauvres. Ces trois méthodes subsistent encore côte à côte et sont décrites en détail. Ce mémoire est suivi d'une bibliographie relative à l'exploitation du cuivre dans la région d'Huelva partant de la Bible, suivant par Strabon, Diodore de Sicile et Pline l'Ancien, et se terminant par des articles récents du *Génie civil* et de l'*Engineering*.

Notice nécrologique sur M. Jean Bailly, ingénieur des mines, par M. L. AGUILLON, ingénieur en chef des mines.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur**, pendant l'année 1888.

Il y a eu, en 1888, 29 accidents ayant eu pour conséquence 29 morts et 23 blessés.

11 se sont produits sur des chaudières à foyer extérieur, 9 sur des chaudières à foyer intérieur, 5 sur des récipients et 4 sur des appareils divers.

Quant aux causes présumées, on trouve 9 accidents pouvant être attri-

bués à des conditions défectueuses d'établissement, 10 à des causes défectueuses d'entretien, 14 à un mauvais emploi des appareils et 3 à des causes restées inconnues.

Si le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents, c'est parce que, dans plusieurs cas, le même accident a été attribué à diverses causes réunies.

Discours prononcé aux funérailles de M. Phillips, Membre de l'Institut, Inspecteur général des mines, par M. Resal, Membre de l'Institut, Inspecteur général des mines.

Notice sur un **nouveau procédé de fabrication de l'aluminium**, par M. Ichon, Ingénieur des mines.

Il s'agit ici du procédé de M. Grabau, de Hanovre, qui a pour objectif de produire de l'aluminium d'une pureté presque complète.

Ce procédé comprend, en premier lieu, la fabrication du fluorure d'aluminium au moyen de sulfate d'alumine, de spath fluor et de cryolithe. Il est à remarquer que celle-ci n'est employée à l'état naturel qu'au début des opérations; et ensuite la réduction même du fluorure d'aluminium donne de la cryolithe artificielle beaucoup plus pure.

En deuxième lieu vient la réduction du fluorure d'aluminium par le sodium; celui-ci est lui-même fabriqué par M. Grabau, à l'aide d'un nouveau procédé qui permet de réduire considérablement son prix de revient; ce procédé a pour base la décomposition du sel marin fondu par le courant électrique.

M. Grabau espère, avec une fabrication de 20 *kg* d'aluminium par 24 heures, arriver à un prix de revient de 14 *f* environ par kilogramme.

Note sur la **fabrication électro-métallurgique de l'aluminium** et de ses alliages, à Froges (Isère), par M. Kuss, Ingénieur des mines.

M. Héroult, Ingénieur français, a inventé un procédé d'extraction de l'aluminium qui est employé à Neuhausen, près Schaffouse, et à Froges, dans le département de l'Isère.

Ce procédé utilise l'électricité comme seul agent métallurgique par la décomposition directe de l'alumine fondue.

Une chute d'eau de 180 *m* débitant 4 à 500 *l* par seconde actionne deux turbines Girard de 300 chevaux chacune, commandant des dynamos Brown pouvant fournir 6 000 ampères à la force électro-motrice de 20 volts. Le courant est amené aux creusets formés d'une caisse en fonte, garnie intérieurement de plaques épaisses de charbon conducteur. Le mélange d'alumine et du métal entrant dans l'alliage est mis dans le laboratoire du creuset et on obtient l'alliage liquéfié.

Pour obtenir l'aluminium isolé, on décompose l'alumine dans un bain de cryolithe. La production d'aluminium est de 0,16 *g* environ par cheval et par heure. En tenant compte de tous les éléments, frais généraux compris, on peut, avec une fabrication complètement développée prévoir un prix de revient de 6 à 7 *f* par kilogramme d'aluminium.

Observations sur **l'électro-métallurgie de l'aluminium**, par par M. Lodin, Ingénieur en chef des mines.

Ces observations portent sur les différences qu'il y a entre les différents procédés Héroult, Kleiner, Bernard-Minet et Cowles, pour la préparation de l'aluminium.

Note sur **divers systèmes de fermeture des lampes de sûreté**, par M. L. Janet, Ingénieur des mines.

Les divers appareils de fermeture pour les lampes de sûreté peuvent être classés en trois groupes principaux suivant le but qu'ils doivent réaliser :

1° Impossibilité absolue pour les ouvriers d'ouvrir leurs lampes;

2° Impossibilité absolue d'ouvrir les lampes sans laisser des traces de la contravention commise;

3° Impossibilité d'ouvrir les lampes sans en déterminer l'extinction.

Les seuls moyens qui offrent des garanties suffisantes dans la pratique sont ceux qui rentrent dans la première catégorie, ou, si cette condition n'est pas remplie, qui permettent au moins de reconnaître les lampes qui ont été ouvertes. La fermeture électro-magnétique Villiers. la fermeture hydraulique Cuvelier et Catrice, la soudure Dinant et la rivure au plomb rentrent dans ces conditions.

Les appareils reposant sur le premier principe sont préférables au point de vue de la sécurité, car il vaut mieux prévenir les imprudences que d'avoir à les réprimer. Du reste, la question de la fermeture des lampes de sûreté a fait, depuis quelques années, de grands progrès, surtout dans le Nord de la France. Dans le reste, il y a beaucoup à faire.

SOCIÉTE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 1er mars 1890.

Communication de M. Rateau sur la **Turbine à vapeur Parsons.** — L'auteur commence par rappeler que l'idée de faire agir la vapeur sur une turbine est loin d'être nouvelle. Burdin, le créateur des turbines hydrauliques, Tournaire et, plus récemment, L.-D. Girard étudièrent cette question sans toutefois arriver à une solution pratique. Celle-ci semble avoir dépendu en grande partie de la perfection de la construction réalisable aujourd'hui, ainsi que de bonnes dispositions dans les détails, notamment dans le graissage.

La turbine Parsons se compose de deux séries de petites turbines empilées les unes à côté des autres sur l'arbre moteur, de part et d'autre de l'orifice d'admission de la vapeur. Cette symétrie annihile la poussée longitudinale de la vapeur et dispense de l'emploi d'une buttée. Entre les couronnes mobiles sont interposées des couronnes fixes ayant des

ailettes directrices inclinées en sens inverse des ailettes des couronnes mobiles. La vapeur, arrivant au centre de l'appareil, se répand des deux côtés et en passant par les directrices fixes et les ailettes mobiles, épuise peu à peu sa pression en augmentant de volume. A cet effet, les ailettes deviennent de plus en plus hautes et les canaux plus larges à mesure qu'on se rapproche de la sortie de la vapeur.

On comprend qu'il y ait un grand intérêt à réduire le jeu entre les couronnes mobiles et le cylindre enveloppe. Ce jeu a pu être réduit à 0,4 de millimètre, ce qui est encore beaucoup par rapport à la hauteur des ailettes, qui n'est que de 5 à 10 *mm*. Ce jeu, même faible, produit une perte par la vapeur qui passe directement de l'admission à l'échappement.

Malgré le soin avec lequel on cherche à réaliser l'équilibre autour de l'axe de l'arbre, il est impossible d'empêcher cet arbre de vibrer d'autant plus fort que la vitesse est plus considérable. M. Parsons, pour remédier à cet inconvénient, emploie des paliers spéciaux permettant un faible jeu latéral dans tous les sens. Ces paliers sont constitués par une série de rondelles en acier de 1 1/2 *mm* d'épaisseur accolées et alternativement de diamètres différents, les unes ont exactement à l'intérieur le diamètre du coussinet-bague qui entoure l'arbre et un diamètre extérieur plus faible de 1 *mm* environ que l'intérieur du palier; les autres, au contraire, remplissent parfaitement le palier, mais présentent un jeu entre leur diamètre intérieur et l'extérieur du coussinet. L'ensemble des rondelles est serré par un ressort. De cette manière, l'arbre peut se déplacer légèrement dans le palier pour ainsi dire flexible et ses vibrations sont amorties par le frottement des rondelles les unes contre les autres.

Le graissage, qui a une importance capitale dans un appareil de ce genre, s'effectue automatiquement et par circulation continue au moyen de filets de vis qui agissent comme des pompes sous l'influence de la vitesse. L'huile se refroidit en circulant dans des tuyaux rafraichis par un courant d'air déterminé par un petit ventilateur porté par l'arbre de la turbine.

La vitesse est réglée par un régulateur pneumatique formé d'un soufflet dont l'intérieur est en communication avec le ventilateur dont il vient d'être question. Une tringle actionnée par ce soufflet agit sur l'admission de vapeur et la ferme plus ou moins dès que la vitesse dépasse celle qui a été fixée.

Ces turbines ne servent guère qu'à actionner des dynamos et, comme ces dernières doivent tourner à des vitesses insolites, elles doivent être construites avec des précautions spéciales. On sait que la vitesse de la turbine s'élève à 8 ou 10 000 tours par minute.

Quant aux résultats pratiques, on peut dire qu'après trois ans de service de certains de ces appareils, on n'a pas constaté d'usure sensible. La dépense de graissage n'est pas exagérée. Quant à la dépense de vapeur, qui est un point essentiel, il semble qu'on n'est pas encore arrivé à des résultats tout à fait satisfaisants. On a bien parlé de 14 *kg* de vapeur par cheval et par heure, mais ce chiffre ne parait pas s'être encore vérifié en marche normale.

Origine du pétrole, note de M. Manigler. — D'après l'auteur, le pétrole est le produit de la distillation des matières végétales et minérales contenues dans les bancs des assises inférieures des roches stratifiées de la croûte terrestre. La chaleur nécessaire à cette distillation est fournie par le contact de ces bancs avec les roches éruptives en fusion provenant de l'intérieur du globe par des fissures déterminées par les mouvements du sol. C'est par d'autres fissures que les vapeurs se sont élevées pour aller se condenser à la surface dans les bancs des assises en formation.

Communication de M. Chansselle sur l'**explosion des mines de La Machine, près Decize.** — Cette explosion, survenue le jour du mardi gras, n'a pas fait, à cause de cette circonstance, autant de mal qu'elle l'eût fait un jour ordinaire de travail.

Deux coups de mines mal placés, trop chargés et peu bourrés, ont mis le feu à des poussières de houille. L'inflammation est restée circonscrite dans un faible espace, mais l'oxyde de carbone produit a été entraîné par le courant d'air et a été empoisonner, à 400 *m* de là, un certain nombre d'ouvriers à ajouter aux victimes directes de l'inflammation. Très minimes causes, dit justement M. Chansselle, mais effets désastreux.

Les dernières grèves de Charleroi (31 janvier 1890).

La situation houillère dans la Haute-Silésie (1er février 1890).

La situation houillère dans les mines de Westphalie à la fin de janvier 1890.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *3 mai 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite)*.

Étude sur l'accroissement du bien-être des populations industrielles, par C. Bach.

Groupe de Berlin. — Nouvelles décisions juridiques concernant le droit des employés à prendre des brevets d'invention.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de condensation. — Réforme de la législation des patentes d'invention.

Variétés. — École de construction de machines de Cologne. — Concours pour les prix de l'Association allemande des Ingénieurs de chemins de fer.

N° 19. — *10 mai 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Levée des clapets de pompes et recherches sur ce sujet, par J. Tobell *(fin)*.

Nouveaux détails sur l'accident du *City of Paris*, par Otto H. Mueller.

Indicateur de flexion de Pfeuffer.

Groupe de Hanovre. — Le graphophone de Berliner. — Lampe à incandescence de Auer. — Installations centrales d'air comprimé pour distribution de force motrice. — Diagrammes d'indicateurs.

Patentes.

N° 20. — *17 mai 1890.*

Machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn.

Établissement municipal d'épuration des eaux à Francfort-sur-le-Mein, par F. Kostes.

Estimation de la puissance absorbée par les machines à travailler les métaux, par R. Schulze.

Reconstruction du pont de Glastrag sur le chemin de fer badois de la Forêt-Noire, par F. Engesser.

Groupe de Hanovre. — Indicateurs.

Patentes.

Bibliographie. — Progrès récents de l'art du sondeur, par A. Fauck. — Annuaire de l'électro-technique de 1888 à 1889, par le Dr G. Krebs et C. Grawinkel.

N° 20. — *24 mai 1890.*

Répartition du calorique dans les machines à vapeur, par J. Lüders.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de 1889 à Paris, par G. Rohn *(suite)*.

Estimation de la puissance absorbée par les machines à travailler les métaux, par R. Schulze *(fin)*.

Machines pour l'éclairage électrique à l'Exposition universelle de 1889 à Paris.

Quelques mots sur les écoles techniques moyennes, par le Dr Holzmuller.

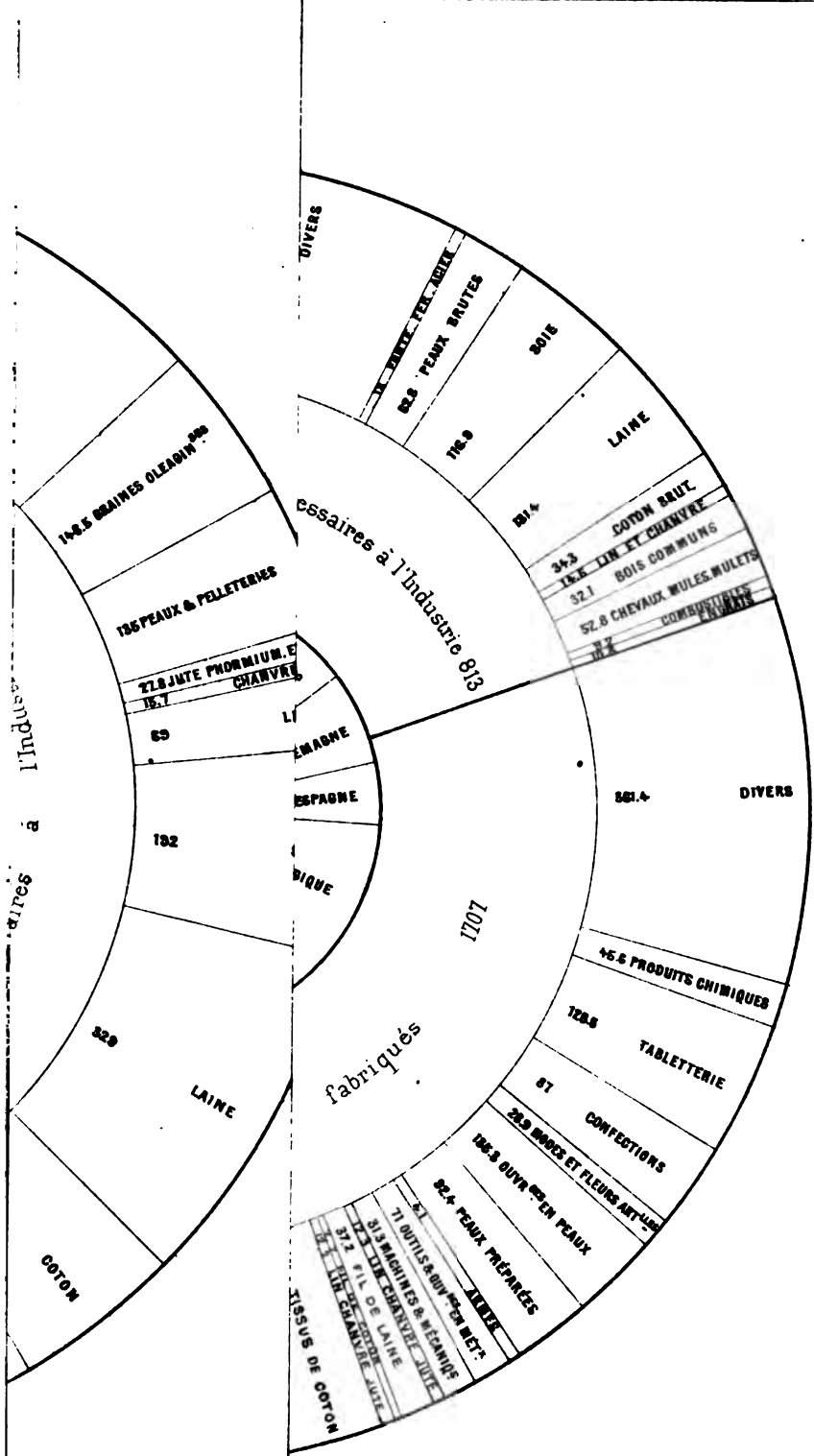
Patentes.

Variétés. — Écoles techniques moyennes.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 12586-6-90.



tations.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1890

N° 6

Sommaire des Séances du mois de Juin 1890 :

1° *Décès* de MM. G. Portier, F. Moreaux et L.-E. Potelet. (Séances des 6 et 20 Juin, pages 678 et 690.)

2° *Décorations.* (Séance du 6 Juin, pages 678.)

3° *Don* du second volume, du *Traité de la Chaleur*, de M. L. Ser, par Mme Vve L. Ser. (Séance du 6 Juin, page 679.)

4° *Nomination* de MM. Kotchoubey, Ghercevanoff, Belelubsky et Herzenstein comme Membres honoraires de la Société. (Séance du 6 Juin, page 679.)

5° *Nomination* de MM. F. Reymond et G. Eiffel comme membres honoraires de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone. (Séance du 6 juin, page 679.)

6° *Dons de bons* provenant de l'emprunt de 75 000 francs. (Séances des 6 et 20 juin, pages 680 et 691.)

7° *Souscription* en faveur de l'érection d'une statue à la mémoire de Alfred Durand-Claye. (Séance du 6 juin, page 680.)

8° *Traités de commerce et les tarifs des douanes*, lettre de M. L. Poillon, (Séance du 6 juin, page 680.)

9° *Accidents du travail et l'industrie (Les)*, analyse de l'ouvrage de M. A. Gibon, par M. G. Salomon. (Séance du 6 juin, page 681.)

10° *Chaudières à vapeur à l'Exposition universelle de 1889. (Les)*, par MM. S. Périssé, Ch. Compère et P. Regnard. (Séance du 6 juin, pages 682, 684 et 687.)

11° *Économie politique*, don de l'ouvrage sur *(l')* par M. L. Walras. (Séance du 20 juin, page 692.)

12° *Nomination de membres honoraires. (Proposition de)* (Séance du 20 juin, page 692.)

13° *Nomination* de MM. G. Eiffel et V. Contamin comme membres honoraires de l'Institut royal néerlandais. (Séance du 20 juin, page 692.)

14° *Exposé de la situation financière de la Société,* 1er semestre 1890, par M. le Trésorier. (Séance du 20 juin, page 693.)

15° *Médaille d'or* de la Société décernée à M. H. Remaury. (Séance du 20 juin, page 699.)

16° *Prix Giffard* (Somme de 500 francs pris sur le) attribué à M. D.-A. Casalonga. (Séance du 20 juin, page 700.)

17° *Emprunt* de 75 000 francs. (Résultat du tirage des 254 obligations à rembourser de l'). (Séance du 20 juin, page 701.)

18° *Production de l'emploi de la vapeur (Mémoire sur la)* de MM, L. Durant et A. Lencauchez, résumé par M. E. Polonceau. (Séance du 20 juin, page 702.)

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

31614 et 31615 — De M. Th. Turrettini (M. de la S.). *Utilisation des forces motrices du Rhône et régularisation du lac Léman.* Grand in-4° de 279 p. avec annexes et atlas grand in-folio de 40 pl. Genève, Soulier, 1890.

31616 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *La Société anonyme des charbonnages de Mariemont et la Société charbonnière de Bascoup à l'Exposition de 1889*, par Petau de Maulette. In-8° de 33 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31617 — Du même. *La Compagnie de Châtillon et Commentry à l'Exposition de 1889*, par L. Baclé. In-8° de 56 p. Paris, Génie civil, 1889.

31618 — Du même. *Compagnie industrielle des procédés Raoul Pictet*, par G. Petit. In-8° de 31 p. Paris, Génie civil, 1889.

31619 — Du même. *Fabrique d'essieux et de boulons de MM. Faugier et Cie de Lyon.* In-8° de 7 p. Paris, Génie civil, 1889.

31620 — Du même. *La Société anonyme des manufactures de glaces et de produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à l'Exposition universelle de 1889*, par R. Gentilini. In-8° de 61 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31621 — Du même. *Société anonyme de Commentry-Fourchambault à l'Exposition universelle de 1889*, par G. Lépany. In-8° de 32 p. Paris, Génie civil, 1890.

31622 — Du même. *Société anonyme de la Grande Tuilerie de Bourgogne à Montchanin-les-Mines*, par G. Petit. In-8° de 27 p. Paris, Génie civil, 1889.

31623 — Du même. *La machine à vapeur horizontale de 1 000 chevaux à l'Exposition universelle de 1889.* In-8° de 14 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31624 — Du même. *Notice sur la Société générale des Téléphones*, par R. Gentilini. Grand in-8° de 28 p. Paris, Génie civil, 1889.

31625 — Du même. *L'industrie du pétrole à l'Exposition universelle de 1889*. Grand in-8° de 82 p. avec pl. Paris, Génie civil, 1889.

31626 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Revue du sauvetage en France et à l'étranger*. N^os^ 1 et 2 de mai-avril 1890. Paris, Dubuisson et C^ie^, 1890.

31627 — De M. J. Imbs (M. de la S.). *Etudes économiques extraites du Génie civil*. In-8° de 68 p. Paris, P. Dupont, 1886.

31628 — De M. E. Trélat (M. de la S.). *L'eau pure à Paris*. In-8° de 8 p. Paris, P. Dupont, 1890.

31629 et 31630 — De M. Belelubski (M. de la S.). *Edimbourg Internacional Exibition 1890. Objects exposed by Belelubski*. F^o^ autog. et phot.

31631 — De M. A. Léger (M. de la S.). *Le travail et la paix sociale*. Grand in-8° de 34 p. Lyon, Association typographique, 1890.

31632 — De M. A. Macler (M. de le S.). *Algérie*. Album in-4° de photographies. Alger, Gervais Courtellemont, 1890.

31633 — De M. L. Poillon (M. de la S.). *Ordenanza general de aduanas maritimas y fronterizas*. In-12 de 348 p. Mexico, S. Andrèsx Betlemitas, 1890.

31634 — De la *Société anonyme des Tramways d'Odessa. Rapport du conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 18 p. Bruxelles, H. Mommens, 1890.

31635 — De la *Compagnie générale des Tramways de Moscou et de Russie. Rapport du conseil d'administration, exercice 1889*. In-4° de 20 p. Bruxelles, H. Mommens, 1890.

31636 — De M. F. Bocquet. *Le dragage et ses applications*. Traduction de l'ouvrage en anglais d'Andrew Brown. In-8° de 23 p. avec pl. Paris. Imprimerie des Arts et Manufactures, 1890.

31637 — De M. A. Sébillot. *Chemin de fer à navires de Panama avec achèvement ultérieur du canal à niveau*. In-4° de 60 p. avec pl. Paris, V^e^ Ethiou-Pérou et fils, 1890.

31638 — De M. Ventre-Bey (M. de la S.). *Analyses diverses relatives au sol égyptien*. In-4° de 14 p. autog., 1890.

31639 — Du même. *Note sur la nitrification des koms ou anciens monticules égyptiens*. In-8° de 20 p. autog., 1890.

31640 — Du même. *Sol égyptien et engrais*. In-8° de 45 p. Le Caire, J. Barbier, 1890.

31641 — Du même. *Note sur une analyse du limon du Nil et sur l'épuisement du sol*. In-8° de 6 p. Le Caire, Imprimerie Nationale, 1890.

31642 — De M^me^ Ser et de MM. L. Carette et E. Herscher (M. de la S.). *Traité de physique industrielle, production et utilisation de la*

chaleur. Tome II, 1re partie. In-8° de 474 p., 2 exemplaires. Paris, G. Masson, 1890.

31643 — De M. Ch. Wehrlin. *Les moteurs à gaz et les moteurs à pétrole à l'Exposition universelle de 1889*. Grand in-8° de 62 p. Paris, E. Bernard et Cie, 1890.

31644 — De M. Bauchet. *Notice sur les cartes de l'Indo-Chine française*. In-8° de 10 p. avec pl. Hanoï. Schneider, 1889.

31645 — De M. W. de Nordling (M. de la S.). *L'unification des heures*. In-8° de 27 p. Paris, Société de Géographie, 1890.

31646 et 31647 — De M. Gauthier-Villars. *Annales de l'Observatoire de Nice*. Tome III, texte in-4°, et atlas in-4° ital. de 17 pl. Paris, Gauthier-Villars, 1890.

31648 — *Traité de physique industrielle. Production et utilisation de la chaleur*, par L. Ser. Tome Ier (in-8° de 896 p.). Paris, G. Masson, 1890.

31649 et 31650 — De M. Darantière. *Principes de l'assainissement des villes et de la banlieue*, par P. Pignant. 5e fascicule in-8° et atlas in f° de 36 pl. Dijon, Darantière, 1890.

31651 à 21662 — De M. La Vallée Poussin (M. de la S.). *Rapport général du Ministre des Travaux publics du Canada du 30 juin 1867 au 1er juillet 1882. Rapport annuel du Ministre des Travaux publics du Canada pour les exercices 1882 à 1889*. In-8° avec annexes et suppléments. Ottava, Macleau, Roger et Cie, 1882 à 1890.

31663 — De l'*Engineering Association of New South Wales. Minutes of Proceedings*. Vol. III, in-8° de 128 p. avec pl. Sydney, 1888.

31664 — De M. G. Fortin. *Vins. Rapport présenté à la Chambre syndicale des courtiers de marchandises, en réponse au Questionnaire adopté par le Conseil supérieur du commerce et de l'industrie, dans sa séance du 18 décembre 1889*. In-4° de 39 p. Paris. Rousset et Cie, 1890.

31665 — De l'*Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française, exercice 1889, 22e année*. Grand in-8° de 52 p. avec pl. Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1890.

31666 — De M. L. Walras. *Éléments d'économie politique pure*. In-8° de 523 p. Paris, Guillaumin et Cie, 1889 (2 exemplaires).

31667 — De M. Lavezzari (M. de la S.). *L'acquedotto di Venezia*. In-f° de 15 p. avec pl. Venezia, Naratovich, 1887 (2 exemplaires).

31668 — De la Société Industrielle de Mulhouse. *Association pour prévenir les accidents de fabrique. Compte rendu du 22e exercice*. Grand in-8° de 88 p. avec pl. Mulhouse, Ve Bader, 1889.

31669 — De M. Vaslin, de la part de M. Chapman (M. de la S.). *Twentieth annual Report of the Deputy Master of the Mint 1889*. In-8° de 136 p. London, Darling et Son, 1890.

31670 — Des mêmes. *Experience in the manufacture of oxygen on gas-*

works and the results of its praticals application to the purification of coal gas, par W. A. Vallon. In-8° de 30 p, London, 1890.

31671 — Du Ministre des Travaux publics. *Routes nationales. Recensement de la circulation en 1888.* In-f° de 329 p. avec pl. Paris, Imprimerie Nationale, 1890 (5 exemplaires).

31672 — De M. A. Quenet. *Cours pratique de chaudronnerie*, par A. Montupet. In-8° de 278 p. avec pl. Paris, A. Quenet, 1890.

31673 — Du même. *Guide du Traceur-mécanicien*, par Philippe Fay. In-8° de 279 p. avec pl. Paris, A. Quenet, 1890.

31674 — De M. le baron Quinette de Rochemont. *Les Ports maritimes de la Hollande : Rotterdam et Amsterdam.* In-8° de 132 p. avec pl. Paris, V^e^ Ch. Dunod, 1890 (2 exemplaires).

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin sont :

Comme membres sociétaires :

MM.	N.-J.-D. Barbier,	présenté par MM.	Buquet, Appert et Jordan.
	A.-L.-G. Berrus,	—	Rey, Godillot et de Comberousse.
	P. Chevillard	—	Josse, Vaslin et G. Richard.
	J.-A. Damien,	—	C. Herscher, Trélat et Compère.
	Ch.-U. Durupt,	—	Ch. Herscher, G. Lévi et Trélat.
	A. Ferré,	—	Contamin, Polonceau et Morandière.
	E. Fouché,	—	Ch. Herscher, Bougault et Pillet.
	A.-E. Kaeuffer,	—	Verdeaux, Grosset et Hauet.
	L.-E. Prat,	—	Ch. Herscher, Carette et Compère.
	A. Rollet-Rémy,	—	Aygalenq, Demolon et A. Olivier.
	P. Rossigneux,	—	Arson, Frion et Gigot.
	W.-P. Trenerry,	—	Chapman, Stilmant et Tweddell.

Comme membre associé :

M. W. Farjasse, présenté par MM. Périssé, Regnard et Vaslin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1890

Séance du 6 juin 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de se trouver, comme cela lui arrive, hélas! trop souvent, dans la triste nécessité d'ouvrir la séance par l'annonce de la mort de l'un de nos collègues les plus estimés, de M. G. Portier, membre de notre Société depuis 1885.

M. G. Portier, sorti de l'Ecole Centrale en 1854, s'est consacré tout entier à la belle et grande industrie des mines, dans laquelle il a su acquérir une notoriété professionnelle qui lui a valu d'occuper successivement les hautes situations d'ingénieur du matériel et de chef des approvisionnements des houillères d'Anzin, puis de directeur-gérant de la Société des houillères de Courrières.

M. Portier n'a pas été seulement un ingénieur éminent; il a su, de plus, se faire aimer et estimer par tous ceux avec lesquels il a été appelé à avoir des rapports; sa perte est douloureusement ressentie par eux tous. La Société s'associe aux regrets que sa fin prématurée cause à ses amis et elle adresse ses plus affectueuses condoléances à ses deux fils, jeunes ingénieurs de l'Ecole Centrale, qui, guidés et conseillés par leur excellent père, se sont, eux aussi, consacrés tout entiers à l'industrie des mines.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de nos collègues MM. G. Eiffel et L. Baudet, l'un au grade de chevalier de Sainte-Anne de Russie (2e classe), l'autre à ceux de chevalier d'Isabelle la Catholique et de chevalier de l'ordre du Cambodge; il leur adresse les bien vives félicitations de la Société pour ces distinctions si méritées.

M. LE PRÉSIDENT donne la liste, publiée à la fin de ce procès-verbal, des ouvrages et notices reçus depuis la dernière séance et demande à appeler d'une manière toute particulière l'attention de la Société sur l'un de ces ouvrages, le second volume du traité de la chaleur par Ser. La Société en a reçu deux exemplaires, l'un lui est donné par Mme Ser et l'autre par MM. Carette et Herscher, qui, après la mort de notre regretté collègue, survenue avant qu'il lui ait été donné de mettre la dernière main à la tâche entreprise, sont devenus les continuateurs de son œuvre et ont tenu à la faire bénéficier des derniers perfectionnements révélés par notre magistrale Exposition de 1889. Cet ouvrage sur la chaleur constitue la publication la plus complète parue jusqu'à présent sur cette branche si importante des connaissances nécessaires à l'Ingénieur, et cette publication doit nous être tout particulièrement sympathique, car l'enseignement de la chaleur et de ses applications est né en France, à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, et on ne saura jamais rendre un hommage assez mérité à la mémoire des Péclet, Thomas et Ser qui l'ont créé, développé, vulgarisé et qui ont ainsi aidé pour une grande part aux progrès immenses réalisés par toutes nos industries, car toutes ont besoin de la chaleur et de ses applications.

Le comité a déjà exprimé à Mme Ser, au nom de la Société, combien il lui était reconnaissant du témoignage de sympathie qu'elle venait de lui donner dans cette circonstance ; la Société remercie également MM. Carette et Herscher de leur envoi et les félicite du concours donné à cette publication si utile.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'en vertu de l'article 4 du règlement intérieur, le vote sur l'admission des membres honoraires n'a lieu que dans la deuxième séance qui suit celle dans laquelle ils ont été présentés, et demande à la Société de ratifier par un vote unanime le témoignage d'affectueuse sympathie et d'estime qu'elle a voulu donner au corps si justement réputé, par sa science et son amour du progrès, des Ingénieurs russes, en nommant membres honoraires de notre Société : MM. Kotchoubey, Ghercevanoff, Belelubsky, Herzenstein.

Cette nomination est ratifiée à l'unanimité des membres présents.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de pouvoir annoncer une manifestation nouvelle et des plus amicales, faite par les Ingénieurs espagnols en faveur de notre Société et du Génie civil français. Ils viennent de nommer membres honoraires de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone nos deux anciens présidents : MM. Reymond et Eiffel. La grande et universelle réputation de notre collègue M. Eiffel, l'extrême affabilité avec laquelle il s'est prodigué pendant nos réceptions le désignaient tout naturellement au choix de nos collègues de Barcelone et nous ne pouvons que nous montrer heureux de la nouvelle distinction qu'il vient d'obtenir. Non moins agréable est pour nous celle accordée a notre collègue M. Reymond, qui nous a donné tant de preuves de son dévouement à nos intérêts pendant sa présidence si bien remplie, et a organisé d'une manière toute magistrale, sans jamais marchander ni son temps ni ses peines, la belle excursion faite par notre Société en Espagne, excursion qui a tant aidé aux relations cordiales que nous

sommes heureux d'entretenir avec nos amis de l'autre côté des Pyrénées. M. Reymond n'est pas seulement un Ingénieur d'une grande valeur professionnelle et l'un de ceux qui, dans leur carrière, comptent le plus de beaux, grands et nombreux travaux, c'est aussi un collègue d'un grand caractère et d'un cœur généreux à l'excès, ne reculant devant aucun sacrifice pour faire le bien et aider à la marche en avant de l'humanité. Il est estimé de nous tous ; nos collègues espagnols ne pouvaient faire de meilleur choix.

M. LE PRÉSIDENT a saisi le comité de la réponse à faire à cette manifestation par des nominations analogues ; il a, en attendant, écrit au Président de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone pour lui exprimer tous les remerciements des Ingénieurs civils français et l'assurer qu'ils étaient très sensibles à ces manifestations de sympathie auxquelles ils attachaient le plus grand prix.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. F. Reymond abandonne neuf bons du dernier emprunt et M. Biver quatre bons ; il leur adresse les plus vifs remerciements.

Puis il donne lecture de la lettre suivante de notre ancien président, M. Emile Trélat :

« Mon cher Président, le Congrès international d'hygiène et de démographie, qui s'est tenu à Paris en août 1889, a voté par acclamations l'érection à Gennevilliers d'un monument à la mémoire d'*Alfred Durand-Claye*, ingénieur en chef de l'assainissement de Paris et créateur des champs d'épuration parisiens.

» Le Comité d'initiative, qui s'est formé pour mettre ce vote à exécution, fait appel à tous ceux qui s'intéressent à la santé publique : savants, médecins, hygiénistes, ingénieurs, architectes, agriculteurs, municipalités, etc., pour illustrer le souvenir du savant ingénieur, du vaillant propagateur de l'assainissement des villes.

» Il me semble que je suis dans mon rôle en vous envoyant les pièces relatives à notre souscription et en vous priant de les communiquer à nos collègues auxquels Durand-Claye a toujours eu à cœur de faire connaître directement ses beaux travaux et qui l'ont toujours écouté avec la plus vive sympathie. Le Comité que j'ai l'honneur de présider serait reconnaissant à notre belle Société, si elle ne restait pas indifférente à l'œuvre de reconnaissance publique qu'il poursuit. »

M. LE PRÉSIDENT ajoute que le Comité a décidé de souscrire au nom de la Société pour la somme de 250 francs.

Il donne lecture d'une lettre de notre collègue, M. L. Poillon, actuellement au Mexique, dans laquelle il dit qu'ayant remarqué, dans le dernier Bulletin, que la Société discutait actuellement la communication de M. Émile Bert sur les *Traités de commerce et les Tarifs de douanes*, il lui semblait qu'il serait intéressant de réunir à notre bibliothèque les documents et règlements de douanes dans tous les pays du monde, et que cela serait facile, puisqu'il existe peu de pays où la Société des Ingénieurs civils ne compte pas quelques membres.

Cette lettre accompagnait l'envoi d'un exemplaire de *l'Arancel*, ou *Ordonnance des douanes mexicaines*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Poillon et engage vivement nos collègues, qui occupent ou ont occupé des positions à l'étranger ou y conduisent des travaux, à nous adresser des documents de ce genre ; ils pourront être utiles à beaucoup d'entre nous.

M. G. SALOMON a la parole pour présenter une analyse de l'ouvrage de *M. Gibon* sur *les Accidents du travail et l'industrie* (1). Il dit que nul n'était plus autorisé que notre savant collègue, M. Gibon, ancien directeur des forges de Commentry, à signaler les vues de l'industrie, à faire entendre ses desiderata sur la grave question des accidents du travail : au cours de sa longue carrière, il a su remplir, avec une perfection rare, le plus beau rôle qui nous semble dévolu à l'ingénieur, celui de pacificateur, d'intermédiaire amiable entre le patron et l'ouvrier.

Son livre est facile à résumer, grâce à l'ordre et à la clarté qui le caractérisent. Dans un premier chapitre, l'auteur montre, en critique plutôt qu'en cicerone, la législation étrangère. Il combat la loi allemande qui rend l'industriel responsable de tout accident, quelle qu'en soit la cause, et qui établit l'assurance obligatoire; il proclame le bon sens et la justice de la loi suisse, qui fixe les maximums des indemnités et les établit suivant une échelle croissante, selon que l'accident résulte de la faute lourde de la victime, du risque professionnel ou de la faute lourde du patron; enfin, il profite d'un court exposé de la situation en Belgique et en Angleterre pour proclamer les bienfaits de la liberté. M. Gibon établit ensuite, dans un chapitre sur les mesures préventives, que « c'est surtout sur l'action de l'initiative privée qu'il faut compter pour arriver à réduire les accidents d'une manière continue. » Puis, s'occupant des victimes d'accidents que la science est encore impuissante à conjurer, il reconnaît que la loi pourrait dire, comme sanction des mœurs qui sont l'honneur de notre grande industrie, « *que tout accident produit par une cause inhérente à un travail, qualifié dangereux et dont l'ouvrier n'est pas le maître, constitue au premier chef le risque professionnel et que l'industriel doit une compensation à la victime ou à ses ayants droit.* »

Il s'agit maintenant de déterminer les charges qu'entraînent les accidents de l'industrie, les conditions de l'assurance. A défaut d'une statistique complète des accidents, M. Gibon se voit contraint de déclarer « la difficulté », il aurait pu dire l'impossibilité, « dans laquelle on se trouve pour fixer sûrement les risques ». Dès lors, comment prévoir les capitaux nécessaires au service des pensions et indemnités? Force est bien de repousser l'assurance obligatoire, de récuser l'Etat assureur, de se fier à la toute-puissance de la liberté!

L'enquête du comité central des houillères de France, suscitée et conduite par M. Gibon (1884-1888), vient également démontrer qu'il est impossible de faire une loi répondant avec justice à tous les intérêts.

Sur cette constatation, l'auteur relate d'une façon succincte, d'après les plus récentes données, les résultats des institutions de secours et de prévoyance qui ont spontanément germé dans l'industrie française. Il établit ainsi, mieux que par de longs panégyriques, que la loi peut et

(1) Cette étude sera insérée *in extenso* dans un prochain bulletin.

doit s'appuyer sur ces institutions qui constituent un lien social des plus puissants, aider même à leur développement « en donnant à l'industrie le simple privilège de soigner elle-même ses blessés, aux conditions qu'elle fixera et pendant tout le traitement, jusqu'au moment où la guérison sera complète ou jusqu'au moment où sera définie l'incapacité permanente de travail partielle ou absolue ».

M. Gibon aborde alors l'examen des diverses propositions de loi présentées ou discutées, soit à la Chambre des députés, soit au Sénat. Il accepte la décision du Sénat qui « a voulu que la faute lourde fût à la charge de son auteur, que la responsabilité de l'industriel ne fût engagée que dans une industrie où le travail sera reconnu *dangereux et pour les accidents résultant du fait du travail ou à l'occasion du travail.* » Après étude critique de l'ensemble du projet en instance au Parlement, il termine en demandant à nouveau que les caisses de secours et mutuelles reliées à la loi soient chargées du traitement, que la loi suscite la création d'associations pour prévenir les accidents et assurer l'hygiène des ateliers qui fonctionneraient à la façon des associations privées des propriétaires de chaudières à vapeur. Puissent ses sages avis et ses appels à la prudence être entendus!

M. LE PRÉSIDENT remercie M Salomon d'avoir si bien résumé l'ouvrage remarquable à tant de titres que notre collègue, M. Gibon, vient de publier sur les accidents du travail et l'industrie; personne n'était plus désigné que M. Salomon, qui étudie avec tant de dévouement ces questions, pour analyser ce livre. Cet ouvrage, résumé des observations et études constantes d'un ingénieur qui, à une grande notoriété acquise dans le monde de la métallurgie pendant près d'un demi-siècle de travaux, d'études et de découvertes, joint les qualités d'un grand philanthrope, constamment occupé à améliorer la situation morale et matérielle de ses collaborateurs de tous les jours, demandait à être signalé, aujourd'hui surtout que ces questions sont à l'ordre du jour. Nous avons pensé qu'il était utile à la cause du bien-être à donner aux ouvriers, au milieu desquels nous vivons et dont nous avons le plus grand souci, de faire connaître l'avis d'un homme aussi autorisé que M. Gibon; nos statuts nous y autorisent d'ailleurs, puisqu'ils stipulent à l'article 4 que la Société a aussi pour but de poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays.

Ce travail, qui ne peut être discuté en ce moment, le sera à l'occasion d'une communication prochaine sur un sujet analogue.

M. S. PÉRISSÉ a la parole pour présenter une communication sur *les chaudières à vapeur à l'Exposition universelle de 1889* (1).

M. PÉRISSÉ expose qu'un groupe de membres de la Société a visité et étudié les chaudières à vapeur fixes de l'Exposition de 1889. Trois d'entre eux se sont chargés d'en rendre compte : M. Périssé, en ce qui concerne la description et les caractères généraux ; M. Compère, au point de vue

(1) Cette communication est insérée *in extenso* dans le Bulletin de mai 1890, p. 524 et suivantes.

de la sécurité, et M. Paul Regnard, au point de vue des foyers et de l'utilisation du combustible.

M. Périssé donne communication de son travail, principalement descriptif. Il a classé les chaudières de 1889 en cinq catégories :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires ;

2° Chaudières à foyer intérieur ;

'Chaudières tubulaires proprement dites ;

4° Chaudières à gros bouilleurs ;

5° Chaudières diverses.

Les quatre dernières catégories n'étaient représentées chacune que par deux ou trois types et, quant à la première, elle comprenait à elle seule une vingtaine de chaudières.

Le Mémoire de M. Périssé devant figurer *in extenso* au Bulletin de Mai, il suffit de ne donner ici, pour ainsi dire, que la nomenclature des chaudières exposées.

Les chaudières multitubulaires sont loin de se ressemblér toutes, et en les comparant, par exemple au point de vue de la marche et de la circulation du liquide et de la vapeur, M. Périssé en trouve dans lesquelles le liquide se meut en zig-zag, comme dans la Belleville ; dans d'autres, les veines liquides, plus ou moins gazeuses, font retour sur elles-mêmes concentriquement, comme dans les Collet, et dans un grand nombre, la circulation générale suit un chemin trapézoïdal. Il veut parler des chaudières genre Babcock et Wilcox, composées essentiellement d'un faisceau tubulaire inférieur très incliné, d'un corps cylindrique supérieur horizontal, réunis a l'avant et à l'arrière par deux conduits parallèles. Enfin, un certain nombre ont une circulation qui leur est propre, telles que les chaudières Oriolle et Trépardoux.

Les chaudières multitubulaires se prêtent facilement à un sectionnement des parties essentielles qui les composent. Il est facile de les disposer en une série d'éléments juxtaposés, plus ou moins indépendants les uns des autres, ce qui présente des avantages à bien des points de vue. Mais, par contre, ces chaudières ayant un volant de chaleur moins grand exigent plus de soins pour être maintenues en marche régulière. Aussi, pour augmenter le réservoir d'énergie, plusieurs constructeurs ont été amenés à augmenter la tension de vapeur, condition facile à réaliser, puisque les tubes bouilleurs de petit diamètre sont capables de résister à de hautes pressions, tout en présentant de minces épaisseurs de métal.

Les différentes chaudières exposées, et principalement les chaudières en feu, sont ensuite décrites en suivant l'ordre des cinq catégories ci-dessus.

Ces chaudières sont les suivantes :

1° *Chaudières multitubulaires.* — Belleville ; de Naeyer ; Babcock et Wilcox ; Root ; Collet ; Roser ; Morelle et C^ie^ ; Terme et Deharbe ; Lagosse et Bouché (Le Brun, Pillé et Daydé, constructeurs) ; Montupet ; Hanrez ; Oriolle ; de Dion ; Bouton et Trépardoux ; Lagrafel et d'Allest ; Bordone.

2° *Chaudières à foyer intérieur.* — Les chaudières à foyer amovible

du système Thomas et Laurens, exposées par la Société centrale de Pantin (Weyher et Richemond) et par MM. Archambault et Soucaille; la chaudière à foyer intérieur amovible de la Compagnie de Fives-Lille, et la chaudière Galloway.

3° *Chaudières tubulaires, type locomotive.* — De MM. Davey-Paxman et Cie.

4° *Chaudières à gros bouilleurs.* — Les générateurs semi-tubulaires de Meunier et Cie et de Fontaine; la chaudière à bouilleurs inclinés superposés de Dulac, d'Armentières, exposée par M. Trainard.

5° *Chaudières diverses.* — Chaudière Dulac, de Paris; le générateur « Le Hérisson », exposé par MM. Imbert frères; la chaudière de pompe à vapeur, exposée par M. Durenne, et, enfin, la chaudière Serpollet, à vaporisation instantanée.

M. le Président remercie M. Périssé du travail si instructif et si intéressant qu'il a présenté à la Société et qui servira de base à la discussion qui s'ouvrira sur ce sujet.

M. Ch. Compère a ensuite la parole pour compléter l'étude descriptive présentée par M. Périssé, en mettant en relief les progrès réalisés dans les chaudières à vapeur au point de vue de la sécurité publique (1).

Ce sujet est trop vaste pour être examiné sous tous ses rapports, aussi se borne-t-il à présenter les lignes générales, en ce qui concerne les générateurs multitubulaires, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, la construction de chaudières et l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Progrès réalisés par l'emploi des chaudières multitubulaires. — Un fait capital, qui a pu frapper les visiteurs de l'Exposition, c'est l'extension des générateurs à petits éléments, dits multitubulaires. Cette extension est justifiée par les avantages que présentent ces générateurs, avantages que M. Olry, Ingénieur en chef de mines, a fait ressortir très complètement dans le remarquable travail qu'il a présenté l'an dernier au Congrès international de mécanique appliquée; M. Compère les énumère successivement.

Les générateurs multitubulaires répondent à des besoins nouveaux de l'Industrie que l'Exposition de 1889 a fait ressortir nettement et qui réclament de grandes forces à l'intérieur des villes, dans les maisons habitées même et dans des lieux fréquentés par un public nombreux, notamment pour l'éclairage électrique.

L'installation de telles forces n'était possible qu'à la condition expresse de présenter toute sécurité aux personnes se trouvant dans leur voisinage; les magasins, les théâtres, les hôtels, etc., sont des exemples frappants de ce nouveau programme de l'industrie, lequel peut se résumer ainsi : beaucoup de surface de chauffe, faible encombrement et, la matière explosive des chaudières étant l'eau chaude, peu d'eau.

Ce programme est bien réalisé par les générateurs multitubulaires.

(1) Voir le texte *in extenso* de cette communication dans le Bulletin de mai 1890, p. 543 et suivantes.

Au point de vue de la sécurité ainsi obtenue, les chaudières à petits éléments doivent être divisées en deux classes :

La première classe comprend les chaudières qui ne comportent que des tubes, tels que les générateurs Belleville, dans lesquels l'eau n'occupe qu'une fraction du faisceau tubulaire ; dans la seconde classe, qui comprend la plupart des types multitubulaires, le faisceau tubulaire est entièrement rempli d'eau, et le niveau est remonté dans un réservoir supérieur d'une capacité plus ou moins grande. Dans cette seconde classe, les dangers consécutifs d'explosions sont moins complètement évités.

Les règlements administratifs rendent d'ailleurs possible l'extension des générateurs multitubulaires ; mais ils seraient encore insuffisants pour les besoins de plus en plus grands de l'industrie ; aussi comportent-ils pour ces générateurs la possibilité d'accorder dispense des conditions d'emplacement.

Il est maintenant alors possible de monter à l'intérieur des villes, comme Paris, des surfaces de chauffe considérables en générateurs multitubulaires, tout en assurant la sécurité publique.

Si, au point de vue des risques du voisinage, les chaudières multitubulaires peuvent ainsi, dans une certaine mesure, justifier l'appellation d'*inexplosibles* qui leur est donnée souvent, il est intéressant de chercher d'après les faits acquis, s'il en est de même pour le personnel chargé de leur conduite, lequel est exposé directement aux accidents possibles, alors que ces accidents peuvent rester ignorés du voisinage.

Les statistiques officielles pourraient seules donner des indications à ce sujet ; elles sont relatées chaque année dans le *Journal officiel ;* mais en les consultant, on arrive à constater qu'elles doivent être forcément incomplètes, surtout en ce qui concerne les chaudières multitubulaires.

Cette réserve faite, la proportion officielle des accidents arrivés dans l'emploi des chaudières à petits éléments a été donnée dans le travail de M. Olry ; les morts et les blessures qui y sont consignées n'ont frappé que les préposés à la conduite des appareils.

De 1870 à 1875 (6 ans), il ne s'est pas produit un seul accident.

De 1876 à 1888 (13 ans), leur nombre a été de quatorze, dont deux en 1886, cinq en 1887 et un en 1888 ; ils ont occasionné la mort de huit ouvriers et des blessures à quatorze autres, soit en tout vingt-deux victimes.

Aucun de ces accidents n'a produit d'effets dynamiques appréciables.

Ces chiffres, rapportés au nombre de générateurs multitubulaires en service, montrent que ces générateurs sont plus sujets que d'autres aux accidents.

En d'autres termes, la moindre importance individuelle de leurs accidents serait compensée, dans une certaine mesure, par une fréquence plus grande.

Ces conclusions, que les faits réels viennent encore renforcer, ne sont pas sans laisser une certaine inquiétude dans l'esprit, d'autant plus qu'en matière d'accidents le hasard joue un grand rôle ; pour employer un mot à l'ordre du jour, le risque professionnel des conducteurs de générateurs multitubulaires est de beaucoup augmenté.

M. Compère entre ensuite dans quelques détails afin de tirer des accidents survenus dans l'emploi des chaudières multitubulaires un enseignement utile. Il indique de quelle manière ces accidents se répartissent relativement à leurs causes et il en tire, pour la marche des chaudières multitubulaires, des conclusions très importantes (1).

Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. — Au point de vue de la sécurité, l'Exposition a également mis en relief les progrès réalisés par les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, qui ont exposé collectivement, et plus complètement encore qu'en 1878, des défauts de chaudières et des pièces provenant d'accidents et d'explosions.

Ces défauts, trouvés par les agents des Associations au cours des visites intérieures qu'ils font journellement aux chaudières, constituaient un terrible enseignement qui en disait plus que tous les traités possibles: vus et réparés aussi à temps, ils ne restaient plus des causes d'accidents. De telles visites doivent donc rassurer pleinement l'industrie, quand elle emploie des chaudières à grand volume d'eau, et qu'elle reste ainsi sous le coup des explosions.

M. Compère indique quels sont les principaux défauts des chaudières, puis il donne de très intéressants détails sur les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

Progrès réalisés dans la construction des chaudières. — L'Exposition de 1889 a montré aussi les progrès très importants réalisés dans la construction des chaudières par la substitution des tôles d'acier extra-doux aux tôles de fer.

Cette question a été très amplement traitée au sein de la Société, lors de la discussion du mémoire de notre Vice-Président, M. Périssé, sur les accidents aux tôles de coup de feu des chaudières; M. Compère indique les conditions qui doivent donner toute sécurité et que les progrès de la métallurgie et de la construction permettent de réaliser aujourd'hui.

Épuration préalable des eaux d'alimentation. — En terminant, M. Compère signale un autre progrès qui a aussi son intérêt: c'est l'épuration préalable des eaux d'alimentation.

Pour supprimer ou tout au moins diminuer les incrustations et les dépôts boueux à l'intérieur des chaudières, il était en effet beaucoup plus rationnel d'y introduire de l'eau exempte de sels calcaires que de chercher par des réactifs ou autres moyens à transformer à l'intérieur même les incrustations en boues, lors même que ces boues seraient recueillies intérieurement ou extraites au dehors. Il donne quelques détails sur les procédés d'épuration les plus connus.

M. le Président félicite M. Compère d'avoir si bien coordonné et résumé les faits qu'il vient d'exposer. Il croit devoir faire remarquer, à l'appui des observations sur l'épuration des eaux, que la Compagnie du Nord épure depuis plus de vingt ans les eaux servant à l'alimentation

(1) Bulletin de mai 1890, p. 550.

de ses machines par des procédés très simples qui seront bientôt exposés dans cette enceinte.

M. P. Regnard a la parole pour présenter sa communication sur les foyers et l'utilisation des combustibles (1).

Il suit l'ordre adopté par M. Périssé, laissant de côté les chaudières de locomotives et de locomobiles, pour s'occuper seulement des chaudières fixes, en décrivant les particularités relatives aux foyers pour les cinq catégories suivantes :

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires ;
2° Chaudières à foyer intérieur ;
3° Chaudières tubulaires proprement dites ;
4° Chaudières à gros bouilleurs ;
5° Chaudières diverses.

La tendance générale vers l'augmentation de la pression de la vapeur, conséquence logique du fonctionnement compound, semble avoir eu pour résultat un développement très notable des chaudières de la première catégorie, des multitubulaires, représentées par un nombre relativement considérable de types à l'Exposition.

Le peu d'emplacement qu'elles occupent, pour une surface de chauffe donnée, leur sécurité relative, résultant de la petite dimension de leurs éléments et de leur moindre volume d'eau et de vapeur sont des avantages importants dans bien des cas. Leur volant de chaleur est, par contre, moins considérable que celui des autres chaudières, et notamment des anciens types à bouilleurs, ce qui exige une plus grande attention pour leur conduite.

Il ne semble pas que cette attention ait également porté sur tous les *desiderata* d'un chauffage méthodique et régulier, et nous avons été maintes fois choqué de l'épouvantable fumée vomie par le plus grand nombre des cheminées de l'Exposition, tant sur la berge que du côté de l'Ecole militaire.

Sous le rapport de la fumivorité, les progrès ont été nuls ou presque nuls, par rapport à l'Exposition de 1878.

M. Regnard présente quelques considérations générales sur les combustibles dont les formes et les qualités sont bien variées et qui appellent des dispositions de foyer spéciales.

Puis il passe à la description succincte des foyers de la plupart des chaudières dont nous a entretenus tout à l'heure notre collègue M. Périssé.

1° Chaudières à petits tubes bouilleurs, dites multitubulaires. — M. Regnard décrit successivement, et en donnant sur chacune d'elles de très intéressants détails, les chaudières Belleville, de Naeyer, Babcock et Vilcox, Root, Collet, Roser, Charles et Babillot, Terme et Deharbe, Lagosse et Bouché, Maniguet, Hanrez, Oriolle, de Dion, Bouton et Trépardoux.

2° Chaudières à foyer intérieur. — Bien que très répandues dans l'industrie et dans la marine, ces chaudières n'étaient représentées que par

(1) Ce mémoire est inséré *in extenso* dans le Bulletin de mai 1890, p. 562 et suivantes.

un petit nombre de types, parmi les générateurs en service pour la fourniture de la vapeur à l'Exposition universelle de 1889.

M. Regnard décrit deux chaudières du type bien connu de nos éminents collègues Thomas et Laurens, dont une exposée par la Société centrale de construction de machines à Pantin, et l'autre par la maison Archambault et Soucaille; il signale ensuite les foyers de Fox, dont la section anglaise présentait de superbes échantillons et qui nous semblent apporter une certaine garantie contre la fatigue causée au métal par l'inégalité des dilatations, en même temps qu'une augmentation importante de résistance à l'écrasement. Puis il donne quelques indications sur la chaudière Galloway.

3° Chaudières tubulaires. — Ces chaudières sont essentiellement celles des locomotives et locomobiles. Invention française, ce type a rendu à la locomotion à vapeur le plus immense et indispensable service; il ne sera probablement pas de sitôt supplanté dans cette application où l'emploi du tirage forcé active la combustion en raison même de la dépense accusée par chaque coup d'échappement. Mais pour les chaudières industrielles fixes, M. Regnard croit que le système des multitubulaires est appelé à le supplanter complètement et il n'a qu'une application importante à citer de chaudières en feu de ce type, c'est la belle installation des chaudières type locomotive de M. Davey Paxman et C^ie^ dans la cour intérieure de l'électricité. Le grand intérêt de cette installation, unique peut-être par la propreté qu'elle assurait à la chaufferie et intéressante surtout par la médiocre qualité des menus qu'on y brûlait, l'amène à parler des foyers de notre collègue M. Godillot, appliqués à tout l'ensemble de cette batterie et sur lesquels il donne de très intéressants renseignements.

4° Chaudières à gros bouilleurs. — Trois chaudières seulement sont à citer dans cette catégorie, qui, pendant longtemps, a comporté le plus grand nombre des chaudières d'usine et qui, notamment en Alsace et dans le Nord, a été de tout temps justement appréciée pour des qualités sérieuses: volant considérable de chaleur, simplicité de construction, facilité de conduite, etc.

La chaudière semi-tubulaire de la maison Meunier et C^ie^, de Fives-Lille; une chaudière semi-tubulaire également, exposée par la maison Fontaine, de Lille, et une chaudière système Dulac, d'Armentières, exposée par M. Trainard, constructeur à Vienne (Isère). M. Regnard donne quelques détails sur la construction de ces chaudières.

5° Chaudières diverses. — Notre collègue M. Dulac, dont la chaudière a donné lieu déjà, en 1883, à un intéressant rapport présenté à notre Société par notre ancien président, M. Brüll, exposait une chaudière en feu qui présente de nombreux sujets d'étude. M. Regnard indique les particularités de sa construction en ce qui concerne le foyer et ses avantages.

Puis il passe à la chaudière de MM. Imbert frères par eux dénommée le *Hérisson*, et à celle de M. Durenne, de Courbevoie, qui est une chaudière spéciale pour mise en pression très rapide, avec un poids réduit et une grande puissance de vaporisation.

En terminant M. Regnard exprime un vif regret, celui de ne pouvoir fournir sur les diverses chaudières qu'il a passées en revue des chiffres authentiques relatifs à leur production, par unité de surface de chauffe, à leur production par kilogramme de combustible, à tout ce qui permettrait en un mot de les comparer utilement, de les juger par des chiffres.

Et c'est constater une grande et regrettable lacune à son avis, dans le coup d'œil rétrospectif que nous jetons maintenant sur notre grande Exposition, disparue, que de voir qu'aucune expérience comparative, qu'aucun essai officiel, confié à des ingénieurs autorisés, n'a été fait sur les chaudières et les machines à vapeur, à l'instar de ce qui s'était passé, non sans intérêt et sans utilité, à l'Exposition d'Anvers.

Il rappelle qu'à l'occasion d'une communication de notre vice-président, M. Périssé, relative à des accidents de coup de feu à des chaudières à vapeur, M. de Laharpe et lui ont soumis à la Société quelques considérations sur l'importance des efforts que peut déterminer, dans les tôles, la différence des températures entre la paroi extérieure et la paroi intérieure. Il exprimait alors le vœu que des expériences fussent faites sur cet important sujet. Il ne saurait donc aujourd'hui passer sous silence les très remarquables et intéressantes expériences faites depuis cette époque par M. Hirsch, le savant professeur du Conservatoire des Arts et Métiers, avec la collaboration de notre sympathique collègue, M. Alfred Tresca, expériences qui ont été relatées dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* et dans le *Bulletin* de mai dernier de la Société d'Encouragement. Des chiffres très intéressants publiés dans ce travail, il relève seulement que si la température de la paroi externe de la tôle ne dépasse normalement que de 100 à 150° celle de l'eau dans une chaudière en bon état, cet écart de température peut aller jusqu'à plus de 300° lorsque la tôle est recouverte d'incrustations ou qu'une autre cause, doublures dans les tôles ou présence de certains corps gras, vient s'opposer à la transmission de la chaleur. Il indique à ce sujet une expérience due à M. Hirsch qui permet de s'en rendre parfaitement compte : sur le fond d'une casserole en fer battu, on trace une marque avec le doigt humecté d'huile de lin ; puis on remplit d'eau, on chauffe à une très haute température et l'on remarque que la tôle rougit à l'endroit où l'on a passé le doigt. Il appelle l'attention de nos collègues sur cette importante question des différences de température, car il est pour lui certain que la plupart des accidents arrivés aux chaudières chauffées à outrance, et notamment aux chaudières de torpilleurs, n'ont pas d'autre cause que les inégalités de dilatations dues à ces variations dans la température des parois. S'il n'en est pas de même dans les foyers de locomotives, quelle que soit pourtant l'activité de la combustion, cela tient surtout, à son avis, à l'excellente circulation qu'assure leur forme spéciale, en contre-bas du corps principal.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Regnard d'avoir si bien complété les deux premières parties du travail d'ensemble entrepris par nos collègues sur la question des générateurs à vapeur, qu'il a développées et dont beaucoup de membres tireront profit.

Les mémoires de MM. Périssé, Compère et Regnard vont paraître dans

le Bulletin de mai, afin que la discussion puisse en être entreprise en toute connaissance de cause.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 20 juin 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT se trouve, comme cela lui arrive malheureusement trop souvent, dans la triste nécessité d'ouvrir la séance par l'annonce de la mort de deux de nos collègues des plus estimés, de M. Félix Moreaux, administrateur de la Compagnie de Fives-Lille et membre de notre Société depuis 1864, et de M. L.-E. Potelet, ancien chef de la comptabilité du service des magasins de la Compagnie d'Orléans, membre de notre Société depuis 1880.

M. F. Moreaux, ancien élève de l'école de Châlons, dont il est sorti en 1846 le premier de sa promotion, a été attaché, dès l'année 1847, aux ateliers d'Oullins, qui ont donné naissance à la Société de Fives-Lille, qu'il n'a plus quittée depuis. Il a grandi avec cette Société dont il est devenu rapidement l'un des représentants les plus autorisés, et a contribué pour une part importante à développer sa bonne renommée en France et à l'étranger où elle a si puissamment aidé à conquérir certains marchés à l'Industrie nationale.

C'était un homme possédant de grandes qualités professionnelles et morales; il vous accueillait avec une grande affabilité, était extrêmement bon et profondément attaché au personnel qui avait collaboré à ses travaux et dont il avait conservé toute l'affection. Sa perte est vivement ressentie par tous ceux qui l'ont connu et c'est avec un sentiment de très grand regret que la Société s'associe à la douleur de sa famille et de ses amis.

Un de ses collaborateurs dévoués retracera sous peu sa vie si bien remplie.

M. L.-E. Potelet était un collègue que ses grandes qualités de caractère et de travail avaient amené à occuper un des postes de confiance les plus importants de la Compagnie d'Orléans. Très bienveillant et profondément dévoué à toutes les œuvres qu'il patronnait, il était estimé et aimé de tous ceux qui le connaissaient ou se trouvaient en relations avec lui. Il a été donné à M. le Président d'apprécier tout particulièrement sa grande affabilité et son extrême obligeance à la réunion des chefs de service des chemins de fer dont il était le trésorier et l'un des membres les plus actifs ; il y laisse d'unanimes regrets que partagent tous ceux qui ont connu cet homme de bien.

M. E. Polonceau. — M. Potelet était chef de la comptabilité générale et des magasins du service du Matériel et de la Traction de la Compagnie d'Orléans. Dans ces fonctions, qu'il a remplies sous la direction de M. Camille Polonceau et de M. Forquenot, il a organisé le service de la Comptabilité et des magasins d'une manière remarquable, avec une grande simplicité, et il s'est occupé des questions ouvrières, au point de vue des magasins de denrées, des vêtements, de l'installation de réfectoires, de la société de secours mutuels ; il a fait des travaux considérables et était guidé dans ses travaux par M. Cochin, un administrateur de la Compagnie d'Orléans encore regretté par tout le personnel. M. Potelet a laissé dans toute la Compagnie d'Orléans des sentiments de regret pour tout le bien qu'il a fait dans son service.

M. le Président remercie M. Polonceau au nom de la Société des paroles bienveillantes qu'il vient de prononcer, et dont l'écho sympathique sera accueilli avec reconnaissance par la famille de notre collègue.

M. de Serres. — C'est avec une profonde affliction que j'apprends le décès de mon ami, M. Félix Moreaux. J'ai vu M. Moreaux à l'œuvre, en Autriche, dans les conditions exposées par M. le Président. Il était un de ceux qui, à l'étranger, portent haut le drapeau de la patrie. Il a laissé en Autriche le souvenir d'un homme de talent. J'ai eu le grand honneur de l'avoir comme collaborateur au chemin de fer de l'État, en Autriche ; je ne puis que confirmer ce que M. le Président vient de dire : M. Moreaux était un grand Ingénieur et un grand patriote.

M. le Président dit que la Société est reconnaissante à M. de Serres du souvenir affectueux qu'il vient d'accorder à notre collègue disparu. Ce témoignage d'estime lui est d'autant plus précieux qu'il tire une valeur toute particulière de la haute situation occupée par M. de Serres en Autriche, et qui le rendait bon juge pour apprécier la valeur professionnelle et morale des hommes et des sociétés.

M. le Président a le plaisir d'annoncer l'abandon fait par notre collègue M. L. Durant des 2 bons qu'il avait souscrits à notre emprunt de 1889, et de l'en remercier au nom de la Société.

Il a également la satisfaction de pouvoir faire connaître une distinction des plus honorables accordée à notre sympathique collègue M. Bischoffsheim qui vient, en souvenir des nombreux encouragements qu'il a toujours prodigués à la science, d'être nommé membre

libre de l'Académie des Sciences. C'est un témoignage d'estime auquel la Société est heureuse de s'associer et d'applaudir.

M. LE PRÉSIDENT donne la liste des ouvrages et mémoires remis à la Société, et appelle son attention d'une manière toute particulière sur le premier volume d'un travail extrêmement important sur l'Économie politique, qui nous est adressé par M. Léon Walras, professeur à l'Académie de Lausanne. Ce premier volume, qui traite de la Théorie de la Richesse sociale, contient une solution mathématique du problème de la détermination des prix courants, ainsi qu'une formule scientifique de la loi de l'offre et de la demande qui va être analysée par notre savant collègue, M. Emile Bert, et fera l'objet d'une communication prochaine à la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité a proposé de répondre au souvenir si cordial qui vient de nous être donné par l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone en nommant membres honoraires de notre Société deux de leurs plus sympathiques collègues : M. Rosendo Llatas y Riera et M. Cornet y Mas.

Il est heureux de constater l'accueil bienveillant fait à cette proposition sur laquelle, pour se conformer à l'article 4 de notre reglement intérieur, on ne pourra voter que dans la séance du 18 juillet prochain.

M. LE PRÉSIDENT a enfin la satisfaction de pouvoir annoncer à la Société une nouvelle manifestation on ne peut plus sympathique faite en sa faveur par des collègues étrangers et amis. Ce témoignage d'estime, s'ajoutant à tant d'autres, vient de nous être donné par l'Institut royal néerlandais qui, dans sa séance du 12 janvier dernier, a, sur la proposition de son Comité, nommé unanimement MM. G. Eiffel et V. Contamin membres honoraires de leur Institut. La Société ne peut que se montrer honorée par ce souvenir affectueux donné à des relations que nos réunions de l'année dernière ont rendues plus intimes et que nous ferons notre possible pour rendre de plus en plus cordiales. Ce souvenir doit nous être cher à bien des titres, car il émane d'une réunion d'Ingénieurs de grande et juste notoriété, justifiée par de beaux et classiques travaux qui font le plus grand honneur à leur instruction théorique et professionnelle; et il nous arrive d'un pays qui s'est toujours montré bienveillant pour notre chère patrie, et avec lequel nous sommes heureux d'entretenir les meilleures et plus affectueuses relations.

M. LE PRÉSIDENT a adressé ses remerciements les plus chaleureux à l'Institut et proposé au Comité de répondre à ce témoignage d'estime par une manifestation tout aussi sympathique ; des propositions conformes seront transmises sous peu à la Société.

L'ordre du jour appelle l'exposé financier de la Société. M. H. Couriot, trésorier de la Société, a la parole.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1890

Nombre de Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était au 30 novembre 1889 de	2 274
Au cours du 1er semestre 1890, les admissions de membres se sont élevées à	62
formant un total de	2 336
Il faut en déduire, par suite de décès, démissions ou radiations.	47
Le total des Membres de la Société est ainsi à la date du 1er juin 1890 de.	2 289

Situation de la caisse au 1er juin 1890.

Le mouvement de la caisse, tel qu'il résulte du tableau annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1889, était de Fr. 21 930,60

Les recettes effectuées depuis cette date jusqu'au 31 mai 1890 se sont élevées :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . . Fr.	26 568 »		
Droits d'admission	1 900 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	3 738,60		
Vente de Bulletins et Mémoires; Abonnements et Annonces . .	4 538,75		
Locations des salles de séances de la Société.	4 245 »		
Remboursement des permis d'ascension à la Tour	3 275 »		
Recettes diverses	698,85		
		44 964,20	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. Berge, Ph. Goldschmidt et Tisserandot	1 800 »		
Le total des encaissements du semestre est ainsi de. . . . . Fr.	46 764,20	46 764,20	
et le montant des recettes effectuées au 1er juin 1890, grossi de l'encaisse au 1er décembre 1889, s'élève à . Fr.			68 694,80

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis . . . . Fr.	18 268,40	
Affranchissements et divers.	6 879,02	
Appointements et travaux supplémentaires .	10 494,30	
Frais de bureau et sténographie.	1 813,45	
Prêts et secours.	500 »	
Contributions et entretien de l'immeuble. . .	5 222,97	
Entretien et frais de la cité pour 1889	2 804,55	
Réceptions de 1889 (solde de factures). . . .	595,35	
Achat de livres pour la bibliothèque. . . .	2 508,70	
Pension de M^me^ V^ve^ Husquin de Rhéville. . .	1 500 »	
		50 586,74
Le solde en caisse, à la date du 1^er^ juin 1890, est ainsi de Fr.		18 108,06

L'examen de ces chiffres n'appelle aucune observation particulière ; je suis toutefois heureux de constater que l'appel adressé l'année dernière à ceux de nos collègues qui apportaient du retard dans le paiement de leurs cotisations a été entendu ; c'est ainsi que les recouvrements qui ont été faits dans le premier semestre se sont élevés, cette année, à 26 568 *f*, alors que les rentrées n'avaient été que de 18 186 *f* dans la même période de 1889.

Vous remarquerez que le semestre écoulé a dû supporter des charges exceptionnelles qui sont la conséquence des réceptions que nous avons faites l'année dernière, à l'occasion de l'Exposition universelle, aux Ingénieurs étrangers. Telles sont les dépenses d'entretien de l'hôtel dans lequel nous avons dû faire divers travaux pour être en mesure de recevoir dignement nos invités ; nous aurons encore, pour ce motif, quelques mémoires, d'une valeur de 3 000 *f* environ, à solder dans le second semestre de l'exercice courant.

La réfection, faite en 1889, de la chaussée et des égouts, a porté à 2 804,55 *f* les frais d'entretien de la cité dans le premier semestre.

Ls Bilan, au 31 mai 1890, présenté dans la forme habituelle, peut donc se résumer comme suit :

A l'ACTIF, sont inscrits :

L'Hôtel de la Société pour. . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 432 obligations du Midi et 285 *f* de rente 3 0/0 (valeur d'entrée)	172 744,04
Les espèces en caisse.	18 108,06
Les achats d'ouvrages et frais de reliure pour la bibliothèque.	3 200,20
Le montant des bons de l'emprunt de 1889, abandonnés par divers souscripteurs.	11 000 »
A reporter. . Fr.	484 654,50

Report. . . Fr.	484 654,50	
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 31 mai 1890). . .	19 645,50	
Les versements restant à effectuer par divers souscripteurs de l'emprunt	900	»
TOTAL. . . . . Fr.	505 200	»

Au PASSIF sont portés :

Nos créanciers (pour impressions et travaux divers). Fr.	15 702,10	
Les prix divers (échus ou en cours), s'élevant à.	5 496,64	
Le compte " Fonds de secours".	552,47	
Le montant des dons et exonérations, que nous vous proposons d'employer en obligations pour grossir le fonds inaliénable.	2 572,52	
Notre emprunt de 1889 montant à	75 000	»
Les intérêts à servir sur les Bons de l'emprunt au 1er juillet prochain.	1 920	»
Les excédents de versements faits par quelques souscripteurs de l'emprunt avant la répartition définitive . . .	1 550	»
L'Avoir de la Société ressortant à	402 406,27	
CHIFFRE ÉGAL. . . . . Fr.	505 200	»

Notre avoir au 31 mai a donc augmenté dans le 1er semestre de 3 457,26 *f*, il n'était en effet au 30 novembre dernier que de 398 949,01 *f*.

Cette augmentation s'est produite malgré les charges exceptionnelles dont il a été précédemment question, aussi peut-on en conclure que notre situation financière est satisfaisante.

L'examen de notre actif vous révèle une augmentation de notre portefeuille ; elle vient de ce que notre collègue, M. E. Simon, nous a effectué un nouveau versement de 955 *f*, pour accroître l'importance de la fondation qu'il a faite sous le nom de notre ancien Président Michel Alcan, son oncle ; le fonds qu'il a ainsi constitué atteint aujourd'hui la somme de 3 730 *f*; qu'il reçoive ici l'expression de notre bien vive reconnaissance.

D'autre part la générosité de nos collègues, souscripteurs de bons de l'emprunt de 1889, nous vaut une autre augmentation d'actif de 4 900 *f*, due à l'abandon qui nous a été fait par eux de 98 bons pendant le semestre écoulé.

Vous me permettrez de vous rappeler les noms de tous ces nouveaux donateurs, ce sont :

MM. Armengaud Jules; Armengaud Charles père; Boucher N. ; Bouhey ; Boivin ; Bévan ; Battarel ; Boutmy ; A. Brüll ; H. Bobin ; L. Courtier ; J. Chauveau ; Carcuac ; Chauvel E. ; Fleury Jules ; Fournier V. ; Gottschalk ; Gaune ; P. Jousselin ; S. Jordan ; de Kislanski ; Ch. Lucas ; Lalance ; Lemoine A. ; Félix Moreaux ; F. Mathieu ; Petiet ; de Quillacq ; Simon Ed. ; Saglio F.

Je crois me faire votre interprète, en leur exprimant publiquement ici toute notre entière et profonde gratitude.

Depuis le 31 mai, date de l'arrêté des comptes de ce rapport, nous avons reçu l'avis de nouveaux abandons de bons, faits par MM. F. Reymond,

H. Biver et L. Durant, dons dont il sera tenu compte dans la prochaine situation financière.

Nous allons procéder au tirage qui vous a été annoncé de **254** bons de 50 *f* de notre emprunt. dont le remboursement aura lieu à partir du 1er juillet.

Ce remboursement allégera notre dette de . . . . . Fr. 12 700
en outre, les généreux abandons de bons faits par divers souscripteurs représentant, à ce jour, une somme totale de 11 000
le 1er juillet prochain, l'emprunt de 1889 se trouvera ainsi réduit de . . . . . Fr. 23 700

et son importance ne sera plus que de 51 300 *f*.

Dans l'espace d'une année, notre dette de 75 000 *f* se trouvera, par suite, ramenée aux deux tiers de sa valeur originaire.

En terminant, je dois vous rappeler que notre regretté collègue, M. Adolphe Meyer, décédé le 14 décembre dernier, fils et collaborateur de J.-J. Meyer, inventeur du système de détente variable auquel il a donné son nom, a institué notre Société sa légataire, à titre particulier, d'une somme de 20 000 *f* par son testament olographe en date du 21 mai 1888.

Nous avons formé une demande en délivrance de ce legs et toutes les pièces du dossier ont été remises à la ville de Paris (bureau des dons et legs), à l'effet d'obtenir les autorisations nécessaires à l'acceptation de ce legs.

Les légataires universels ont été envoyés en possession, suivant ordonnance du Président du Tribunal civil de la Seine, en date du 5 avril dernier; jusqu'à ce jour il n'a été formé aucune opposition à la délivrance du legs particulier fait à la Société et dont nous poursuivons l'envoi en possession.

Aucun changement n'est survenu dans la situation du legs Fusco, les lenteurs de la procédure judiciaire et les difficultés qui nous sont faites par les prétendus héritiers s'étant opposées jusqu'à ce jour à ce que nous soyons mis en possession du legs important qui nous a été fait.

En résumé, Messieurs, notre situation financière est bonne ; elle s'accroit tous les jours, soit par les dons que nous recueillons, soit par les legs qui nous sont faits: mais cette situation serait infiniment plus prospère si le nombre de nos Membres augmentait dans une proportion plus considérable, et c'est sur ce point que je crois devoir appeler votre attention en dernier lieu.

Nos admissions annuelles dans la Société représentent un chiffre à peine égal à la moitié du total des Ingénieurs qui entrent chaque année dans l'industrie; enfin, l'effectif de nos Membres est bien inférieur à celui des Ingénieurs français et étrangers qui résident en France.

C'est par le recrutement au dehors que notre Société pourra grandir encore, et j'adresse en terminant un chaleureux appel au dévouement de tous nos Collègues, pour qu'ils fassent de nouvelles et nombreuses recrues autour d'eux, dans le cercle de leurs relations immédiates; ils contribueront ainsi puissamment au développement et à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils. *(Applaudissements.)*

BILAN AU 31 MAI 1890

ACTIF

Immeuble		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social 94 obligations du Midi. . . .	37 395,15	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Legs Michel Alcan (fondation E. Simon). . .	3 730 »	
e. Legs Coignet (fondation famille Coignet) . .	4 285 »	
		101 782,20
Fonds courant :		
204 Obligations du Midi.		70 961,84
Caisse :		
Solde disponible		18 108,06
Bibliothèque :		
Volumes achetés, reliures		3 200,20
Titres abandonnés sur l'Emprunt par divers donateurs.		11 000 »
Restant dû sur l'Emprunt par divers souscripteurs		900 »
Débiteurs :		
a. Cotisations 1889 et années antérieures dues		6 385,75
b. Cotisations 1890 (solde restant à payer sur les six premiers mois)		13 259,75
	Fr.	505 200 »

PASSIF

Créditeurs divers :		
a. Chaix, travaux exécutés et en cours	10 456,80	
b. Courtier	2 245,30	
c. Mémoires et travaux divers	3 000 »	
		15 702,10
Prix divers.		
a. Prix Nozo	691 »	
b. Prix Giffard (échu, 3 435,24; en cours, 632,90).	4 068,14	
c. Prix Michel Alcan.	150 »	
d Prix Coignet	187,50	
e. Prix annuel.	400 »	
		5 496,64
Fonds de secours.		552,47
Valeurs à consolider :		
Somme à porter au fonds inaliénable, après remploi	772,52	
Exonérations du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890.	1 800 »	
		2 572,52
Emprunt.		75 000 »
Créditeurs sur Emprunt de 1889.		1 550 »
Coupons au 1er juillet à payer sur les Bons de l'Emprunt.		1 920 »
Profits et pertes :		
Avoir de la Société		402 406,27
	Fr.	505 200 »

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

RECETTES

En caisse au 30 novembre 1889	Fr.	21 930,60
1° Pour le fonds courant :		
Cotisations 1889 et antérieures ; cotisations 1890	26 568 »	
Droits d'admission	1 900 »	
Location des salles de séances	4 245 »	
Abonnements, annonces, ventes de Bulletins	4 538,75	
Intérêts des valeurs en Portefeuille	3 738,60	
Recettes diverses	698,85	
Remboursement des permis d'ascension à la Tour	3 275 »	
2° Pour le fonds inaliénable :		
Exonérations	1 800 »	
TOTAL des recettes effectuées du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890		46 764,20
	Fr.	68 694,80

DÉPENSES

Par le fonds courant :		
Impressions	Fr. 13 884,60	
Planches et croquis	4 383,80	
Affranchissements et divers	6 879,02	
Appointements et travaux supplémentaires	10 494,30	
Frais de bureau et sténographie	1 813,45	
Contributions	1 154,07	
Entretien de l'immeuble	4 068,90	
Entretien et frais de la cité (réfection de la chaussée, égouts, etc., pour 1889)	2 804,55	
Bibliothèque : matériel, reliure et achats divers	2 508,70	
Réceptions : solde de diverses factures	595,35	
Prêts et secours	500 »	
Pension de Mme veuve Husquin	1 500 »	
TOTAL des sommes employées du 30 novembre 1889 au 31 mai 1890		50 586,74
Solde disponible au 31 mai 1890		18 108.06
	Fr.	68 694,80

M. le Président dit que les nombreux applaudissements qui viennent d'accueillir l'exposé si bien présenté par M. Couriot de la situation financière de la Société démontrent à notre sympathique trésorier combien on lui est reconnaissant du zèle qu'il apporte à la gestion et au contrôle de nos finances. Il semble se dégager des chiffres cités un accroissement de dépenses du fait de nos publications; les causes de cet excédent sont connues, et le Comité espère le ramener à un chiffre plus normal en fin d'exercice, mais sans rien sacrifier, bien entendu, à l'intérêt et à la valeur de notre Bulletin et de nos publications, qui constituent nos moyens de propagande scientifique et utilitaire les plus puissants.

Notre situation financière se trouve, en somme, très satisfaisante; les abandons de bons si généreusement consentis par un grand nombre de nos collègues, à qui nous ne pouvons que renouveler nos remerciements, réduisent dans une proportion sensible les charges supplémentaires que nous avions consenti à nous imposer; attirons à nous de nouveaux collègues et nous nous trouverons largement en mesure de faire face non seulement à nos obligations, mais aussi en situation d'encourager et de récompenser des travaux utiles.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier; à l'unanimité la Société les approuve. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la proclamation des lauréats.

M. le Président prononce l'allocution suivante :

Mes chers Collègues,

Nous avons à décerner cette année deux prix ; notre prix annuel et le prix Giffard. Le premier de ces prix, fondé par la Société dans sa séance du 20 juillet 1866, doit être accordé à l'auteur du meilleur mémoire déposé avant le 31 décembre de chaque année. Les travaux présentés et discutés dans l'année sont, vous le savez, renvoyés aux sections du Comité ; chacune d'elles désigne celui de ces mémoires qu'elle juge le meilleur et c'est parmi ces derniers que la Commission formée par le Président et les quatre Vice-Présidents choisit le lauréat.

Le second de ces prix, fondé par Giffard, est un prix triennal, d'une valeur d'environ 3 000 *f*, décerné, lui aussi, au meilleur mémoire remis sur un sujet déterminé par une Commission formée du Président, des quatre Vice-Présidents et de deux anciens Présidents choisis par le Comité et dont la mission est de faire connaître le sujet à traiter dans le courant du mois de décembre qui précède, de deux années, la clôture du concours. Quant aux mémoires réunis, ils sont examinés et classés par un jury constitué dès le mois de janvier suivant et composé, lui, du Président, des quatre Vice-Présidents et de six membres, dont trois choisis par le Comité et trois par la Société en réunion plénière.

Toutes les garanties d'un examen consciencieux se trouvent donc réunies dans l'ensemble des dispositions prises pour désigner les lauréats auxquels la Société doit une mention spéciale pour reconnaître les vues nouvelles qu'ils ont su développer en traitant les questions scientifiques ou industrielles qui ont fait l'objet des communications

examinées et, de même, pour apprécier la valeur professionnelle du mémoire faisant l'objet du sujet mis au concours par Giffard.

Qu'il me soit permis de constater tout d'abord combien chaque mémoire a été étudié avec conscience et combien a été grand l'esprit d'impartialité, le désir de justice et la compétence avec lesquels nos honorables collègues ont arrêté les décisions que je vais avoir l'honneur de vous faire connaître. Je rends ici un public hommage à leur zèle et les en remercie au nom de la Société.

La Commission qui a eu à examiner les propositions des quatre sections a été unanime pour décerner le prix annuel fondé en 1866 à M. H. Remaury pour sa remarquable communication sur les ressources minérales et sidérurgiques du département de Meurthe-et-Moselle. Plusieurs autres mémoires ont été proposés et discutés, mais aucun n'a semblé réunir les caractères de travail personnel et de renseignements nouveaux constituant par leur belle coordination une œuvre aussi complète. Il y a d'ailleurs lieu aussi de faire observer que le travail de M. Remaury fait suite à d'autres études antérieures qu'il a consacrées à la construction de l'usine de Pompey et à la métallurgie du Nord-Est, et que le candidat choisi est l'un de ceux qui ont le plus contribué au développement de l'industrie métallurgique dans le département de Meurthe-et-Moselle, que, de ce fait, il a non seulement fait honneur à notre corporation, mais bien mérité du pays.

C'est avec un sentiment de vive satisfaction, mon cher collègue, que j'ai l'honneur de vous remettre cette médaille. *(Applaudissements.)*

Quant au sujet à traiter pour le prix Giffard, il était, il faut bien l'avouer, tout particulièrement difficile ; c'était, vous le savez, le suivant :

« Mémoire sur les meilleures machines fixes à vapeur d'eau, à l'exclu-
» sion des machines de bateaux, des machines locomotives et locomo-
» biles. »

Et tout en laissant les auteurs libres de traiter ce sujet comme ils l'entendraient, on traçait un canevas du programme dans lequel on les engageait à se renfermer.

Un seul Mémoire nous a été présenté, signé par notre collègue M. D. Casalonga, dont nous avons eu bien des fois à louer le zèle et la conscience qu'il apporte dans l'étude des questions dont il entretient la Société. Le travail qu'il nous a remis est considérable comme groupement de renseignements et exposé des théories se rapportant à l'objet traité ; aussi a-t-il été examiné avec un soin tout particulier par les différents membres du jury et analysé dans toutes ses parties avec le plus vif désir de pouvoir accorder à un collègue extrêmement sympathique toutes les satisfactions qu'il recherchait en répondant à notre appel. Mais on n'a pas pu, malheureusement, découvrir dans son travail ce caractère d'exposé doctrinal qui devait caractériser les parties théoriques et dans la seconde partie, ce groupement et cette classification des types et expériences faites en vue de faire ressortir d'une manière claire et nette les progrès et transformations par lesquels a passé cette grande industrie des machines à vapeur depuis l'Exposition de 1878. La Commission s'est donc trouvée, tout en rendant justice aux recherches faites par notre

collègue, dans la nécessité de reconnaître que le mémoire remis ne remplissait pas toutes les conditions du programme et qu'il y avait lieu, conformément aux statuts, de reporter à trois ans la délivrance du prix à décerner cette année. Mais le jury a pensé devoir en même temps rendre un sincère hommage au travail très consciencieux de M. D. Casalonga en lui attribuant, à titre d'encouragement, une somme de cinq cents francs à prélever sur le legs de notre regretté collègue Giffard. *(Applaudissements.)*

C'est donc deux prix Giffard qu'il y aura lieu de décerner en 1893; les sujets à traiter seront publiés dans le courant du mois de décembre de cette année.

M. LE PRÉSIDENT prie la Société de désigner les deux membres chargés de procéder, avec l'un des secrétaires, au tirage des 254 obligations à rembourser.

La Société désigne M. Emile Bert, secrétaire, MM. Couriot et Spiral; il est procédé à ce tirage dans une salle contiguë.

M. LE PRÉSIDENT donne communication des numéros des bons de l'emprunt de 75 000 *f* sortis au tirage et qui sont remboursables à partir du 1er juillet 1890. Ces numéros sont les suivants :

29	313	441	562	734	859	1007	1179	1331
43	316	444	566	738	861	1012	1184	1346
79	326	456	569	740	862	1019	1186	1348
85	338	460	576	760	880	1023	1187	1353
110	340	466	595	763	883	1027	1188	1365
112	348	471	597	764	890	1042	1190	1367
134	352	472	619	765	892	1044	1192	1378
137	355	478	621	766	895	1047	1207	1380
138	358	479	623	769	896	1048	1209	1384
152	372	485	638	770	898	1050	1212	1385
153	375	487	642	774	907	1053	1213	1393
155	381	488	643	780	912	1054	1221	1394
156	387	494	647	781	917	1064	1238	1402
165	389	496	652	784	926	1082	1242	1408
176	390	500	668	786	928	1090	1247	1426
206	395	509	675	789	931	1098	1248	1429
208	400	511	677	790	937	1101	1263	1445
215	406	517	685	797	953	1117	1272	1452
217	407	518	687	798	954	1119	1292	1455
244	408	519	690	799	962	1120	1302	1466
249	409	521	695	810	963	1121	1306	1471
253	410	531	703	824	964	1141	1307	1473
255	418	532	717	836	965	1149	1308	1477
256	421	535	724	848	977	1155	1317	1482
265	422	540	725	851	985	1165	1323	1487
280	423	544	726	854	997	1168	1325	1494
283	436	546	727	855	999	1170	1327	1498
297	438	549	728	857	1003	1176	1330	1499
311	439							

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Polonceau, qui veut bien résumer la communication faite à la Société par MM. Durant et Lencauchez.

M. E. POLONCEAU dit que MM. Lencauchez et Durant ont remis à la Société un *Mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur*, qui peut se diviser de la manière suivante :

1° *Mémoire sur la production et l'emploi de la vapeur considérée comme force motrice, principalement dans les locomotives.*

2° *Note sur le foyer, système Ten-Brink, appliqué aux locomotives.*

3° *Note sur l'appareil pour réchauffer l'eau d'alimentation, système Lencauchez.*

4° *Note sur les expériences faites en août et septembre 1885 sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans N*os *398, 394, 52.*

5° *Note sur le détendeur automatique de vapeur pour locomotives, disposé pour admettre à 10 kg dans les cylindres la vapeur produite à 15 kg dans la chaudière.*

6° *Note sur le système de distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant de MM. Durant et Lencauchez.*

M. E. Polonceau fait remarquer que c'est un travail très important, accompagné de nombreuses planches, qui sera inséré dans notre recueil mensuel, mais qui, par son étendue, ne peut faire l'objet d'une communication *in extenso*, et que ces deux collègues lui ont demandé d'analyser ce Mémoire, renfermant un grand nombre d'observations faites depuis une vingtaine d'années par le Service du Matériel et de la Traction de la Compagnie d'Orléans, et dont une partie ont été faites sous la direction et d'après les indications de mon éminent prédécesseur, V. Forquenot.

Il est de l'intérêt général de publier les observations et les essais fructueux ou infructueux qui sont faits, dans le but d'améliorer cet admirable outil, *la machine à vapeur :* faire connaître les bons résultats obtenus, c'est encourager l'application des appareils, l'adoption des modifications, des perfectionnements par lesquels on les a obtenus; de même que publier les insuccès, c'est empêcher des essais inutiles et, par suite, mieux guider les recherches de nos autres collègues.

MM. Durant et Lencauchez ont traité la question d'une manière générale, mais les observations se rapportent principalement aux locomotives.

Cette question des meilleurs moyens de produire et d'utiliser la vapeur est toujours à l'ordre du jour, car, comme le disent très justement les auteurs :

« La production et l'emploi de la vapeur sont encore l'objet de nom-
» breuses études, de discussions, ce qui prouve que les essais faits jus-
» qu'à présent pour en déterminer les conditions économiques n'ont pas
» encore réussi à résoudre ce problème d'ailleurs très complexe. »

Ils exposent les résultats obtenus en vue de réaliser une plus grande production de vapeur et une plus petite dépense de combustible, *les avantages du foyer Ten-Brink et du réchauffeur Lencauchez.*

Les foyers disposés d'après le système Ten-Brink (dont la Compagnie d'Orléans a muni 1 206 locomotives) sont de véritables gazogènes, car les gaz provenant de la distillation de la houille située vers le haut de la grille supérieure, gaz qui ne sont pas brûlés, arrivent mélangés avec les gaz brûlés et non brûlés ; comme l'oxyde de carbone, de la partie inférieure de la grille fixe et de la grille mobile au retour de flamme et passant sur des corps portés à une haute température (bouilleurs, clapets, etc.), ils sont brûlés au moyen d'une insufflation d'air dirigée dans leur masse par le clapet du gueulard.

Cette combustion est d'autant plus complète que, par suite du bouilleur, il y a brassage des gaz.

Les avantages et les résultats obtenus par la disposition Ten-Brink sont :

1° Une combustion complète et, par conséquent, économique, une grande facilité d'emploi des charbons menus, la suppression de la fumée, même avec les combustibles les plus fuligineux ;

2° Une augmentation de surface de chauffe directe par le bouilleur;

3° Une meilleure circulation de l'eau autour du foyer;

4° Une plus grande consommation de combustible par unité de surface de grille et, par suite, la possibilité d'une plus grande production de vapeur;

5° Une action préservatrice sur la plaque tubulaire du foyer et sur les tubes, par la présence du bouilleur. qui empêche l'action directe du feu.

C'est par suite de ces divers avantages que les locomotives de la Compagnie d'Orléans, avec une surface de grille relativement faible, ont une production de vapeur considérable.

Ainsi, dans les essais faits en 1885 entre Orléans et Tours, la machine 394, du poids de 45 *t* et d'une surface de chauffe de 149 m^2, a produit 7 200 *kg* de vapeur brute par heure pour une consommation de briquettes de 800 *kg*, correspondant :

1° A une consommation de briquettes de 473 *kg* par heure et par mètre carré de grille *inclinée ;*

2° A une production de 9 *kg* de vapeur par kilogramme de briquettes.

Cette production de vapeur comprenant naturellement l'eau entrainée, la production de vapeur sèche peut être évaluée à 8 *kg*.

La pression dans la chaudière était de 10 *kg*, la température de l'eau était donc de 184°. Les gaz brûlés avaient dans la boite à fumée une température de 330°.

L'excès de température des gaz brûlés dans la boite à fumée n'était donc que de :

$$330 - 184 = 146°$$

Dans la pratique, depuis cette époque, ces résultats ont été dépassés, car il résulte qu'avec de fortes charges remorquées dans les parties les plus accidentées de la ligne de Paris à Bordeaux, par nos machines, l'année dernière, la consommation de combustible par heure et par mètre carré de grille *inclinée* a atteint plus de 600 *kg*. La production de vapeur a dû atteindre 800 *kg* à l'heure.

M. E. Polonceau dit qu'il lui paraît utile de signaler que, dans le bouilleur, le plan d'eau a 120 *mm*, les tubulures du bas 90 *mm* de diamètre et celles du haut 110. Or, on n'a jamais eu de coup de chalumeau.

Cette production de vapeur des foyers est facilitée par trois dispositifs, savoir :

1° La grille se compose d'une partie fixe en éventail, ce qui facilite le mouvement du combustible d'une manière rationnelle; d'une partie mobile sur laquelle viennent descendre ou sont poussés les cendres et mâchefers, grille mobile que l'on peut basculer, comme l'on veut et quand on veut, pour avoir toujours un accès d'air facile à travers les barreaux.

Ces barreaux ont :

Grille fixe.	épaisseur 12 *mm* 6 *mm*,	espace libre	AV 15 *mm*.	
			AR 10 *mm*.	
Grille mobile . . .	— 10 *mm*	—	14 *mm*.	

2° Toutes les locomotives de la Compagnie d'Orléans sont pourvues d'un cendrier fermé sur trois faces et muni à l'avant d'une porte mobile. L'air entre dans cette espèce de manche, la pression obtenue est plus élevée et, par conséquent, la quantité d'air qui passe à travers la grille se trouve augmentée. Par ces deux dispositifs, l'air arrive facilement en abondance et entre à travers la grille dans le foyer par couches minces refroidissant les barreaux.

Toute installation dans le cendrier, toute augmentation des dimensions des barreaux auraient pour conséquence une diminution de production de vapeur.

3° Toutes les locomotives sont munies, au haut de la cheminée, d'un paravent qui, surtout sur les machines à grande vitesse, active la combustion en facilitant la sortie, par la cheminée, de la vapeur et des gaz de la combustion.

Durée des bouilleurs et leur prix :

En 1887, il a été remplacé		27	bouilleurs.
En 1888,	—	23	—
En 1889,	—	31	—

On peut dire qu'un bouilleur dure en moyenne quinze années.

Il y a eu un grand nombre de bouilleurs installés dans les quinze dernières années. Un bouilleur en place coûte 1 000 *f* en moyenne; lorsqu'il est réformé, sa valeur (vieille matière) est de 400 à 500 *f*. Il est réparé une fois, cette réparation coûte 200 *f*. Il en résulte donc que la dépense annuelle moyenne du bouilleur est de :

$$\frac{1\,000 + 200 - 450}{15} = 50\ f.$$

Les bouilleurs s'usent dans le bas avec les gros charbons et dans le haut avec les menus.

M. V. Forquenot, alors Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie d'Orléans, toujours dans le but d'augmenter la puis-

sance des locomotives, fit des essais sur le réchauffeur de l'eau d'alimentation, système Lencauchez, permettant d'alimenter avec de l'eau à 100° environ et de réaliser théoriquement une économie de 15 0/0.

Le réchauffage est obtenu par l'emploi de 1/5 à 1/6 du volume de la vapeur d'échappement qui, après s'être débarrassée des matières grasses dans un dégraisseur spécial, arrive dans un réservoir réchauffeur où est envoyée l'eau du tender; l'eau réchauffée est ensuite refoulée dans la chaudière.

Cet appareil a donné de bons résultats pour les locomotives à marchandises, mais, pour les machines à voyageurs, il n'en a pas été de même : c'était une complication et l'emploi de pompes à très grande vitesse est toujours difficile puisqu'il faut que, dans certains cas, le battement de la pompe se fasse en moins de 1/8 de seconde.

Il y a en service à la Compagnie d'Orléans, 17 locomotives à marchandises munies de l'appareil Lencauchez, l'économie réelle en pratique ne peut évidemment être de 15 0/0, comme la théorie l'indique, parce qu'il est nécessaire d'alimenter souvent en stationnement et dans les pentes, — il faut aussi tenir compte de la mise en train avec de l'eau froide; si on admet qu'on alimente 1/3 à l'eau froide et 2/3 à l'eau chaude, l'économie sera de 10 0/0; or, suivant que le machiniste est plus ou moins habile, on trouve réellement une économie de 5 à 10 0/0.

Tout ce qui a été dit ci-dessus du mémoire de MM. Durant et Lencauchez concerne l'augmentation de puissance par une augmentation de vaporisation, tout en restant dans les meilleures conditions économiques. Les auteurs passent ensuite à une meilleure utilisation de la vapeur.

Divers essais ont été faits dans ce but à la Compagnie d'Orléans.

L'un d'eux consistait à faire circuler de la vapeur autour des cylindres et à y éviter ou diminuer les condensations.

La vapeur partant de la chaudière passait dans l'enveloppe du cylindre et retournait à la chaudière, la circulation était activée par une pompe aspirant la vapeur et l'eau et refoulant dans la chaudière.

L'économie réalisée a pu être évaluée à 4 0/0 environ, mais les difficultés de montage de l'enveloppe, les fuites, les complications diverses nous ont fait renoncer au système : néanmoins, mon intention très formelle est de ne pas abandonner cette idée, car nous sommes convaincus que l'enveloppe de vapeur ou d'eau de la chaudière pour les cylindres s'impose de plus en plus par suite des hautes températures auxquelles la vapeur est maintenant employée.

Des expériences dans ce sens ont été faites vers 1850-52 à la Compagnie d'Orléans par M. C. Polonceau, sur la machine 93; les mêmes difficultés lui firent abandonner ces essais, mais il restait convaincu de ses avantages.

Il n'y a pas de doute qu'un jour ou l'autre on n'arrive à trouver la solution de cette question.

Une perte considérable de chaleur dans les diverses machines et spécialement dans les locomotives, par suite de leur mobilité, résulte de l'eau entraînée qui, lorsqu'elle est un peu considérable. amène le primage.

Eau entraînée. — M. Polonceau dit que M. Couche, son savant professeur, insiste, dans son traité sur le matériel roulant, sur la quantité d'eau entraînée mécaniquement; il signale que, dès 1850, Clarke, en comptant 30 à 40 0/0 d'eau entraînée, exagérait la chose; il indique que les Ingénieurs de l'Est avaient trouvé 24 à 39 0/0.

Ortolan signale que l'emploi des surchauffeurs donne un bénéfice de 20 0/0.

Hirn, dans ses recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, évalue à 20 0/0 de l'eau l'eau entraînée.

Les auteurs du mémoire signalent que si l'on engendre de la vapeur sous la pression de 12 *kg*, la température étant de 191°, et que l'eau du tender soit à 10°, la perte pour 1 *kg* d'eau entraînée est de 181 calories. Si le primage est de 20 0/0, ce qui est un minimum dans bien des cas, la perte par kilogramme d'eau entraînée et projetée est de :

$$181^{cal} \times 0{,}20 = 36 \text{ calories},$$

et la perte rapportée au calorique total de formation de la vapeur (665), ou perte réelle, si la température extérieure est de 18°, est de :

$$\frac{36}{665 - 18} = 5{,}50/0.$$

On voit donc qu'il est possible de sécher la vapeur au point de ramener la perte à $5{,}5 - 4 = 1{,}5$ 0/0 et de ne plus lui laisser que 5 0/0 d'humidité au lieu de 20 0/0.

Dans le but d'augmenter la puissance des locomotives et de diminuer l'eau entraînée, MM. Durant et Lencauchez signalent l'essai que je viens de faire à une locomotive dont la chaudière était à remplacer. J'ai construit la nouvelle chaudière de manière à pouvoir en porter le timbre à 15 *kg* et un détendeur a été placé entre le régulateur et les cylindres pour que la vapeur n'agisse sur les pistons qu'à une pression de 10 *kg* au maximum.

La vapeur prise dans la chaudière passe du régulateur dans le détendeur et de là, pour aller aux boîtes à tiroirs, elle traverse un petit faisceau tubulaire de 2 m^2 de surface, placé dans l'intérieur de la chaudière — par suite de la différence de 10° environ existant entre les températures de la vapeur à 15 *kg* et de celle à 10 *kg*, il se produit un surchauffage de cette dernière vapeur qui évite environ 1/5 du primage.

Cette disposition a pour effet de faire travailler la locomotive, toujours à la pression maxima de 10 *kg;* cela a l'avantage de réserver un battement de 5 *kg* de pression pour parer aux circonstances fortuites qui se présentent dans la conduite du feu, insuffisances de pression au haut d'une rampe un peu longue; enfin, en approchant des points terminus, même avant d'arriver, le machiniste peut laisser tomber son feu complètement.

Par ces diverses considérations, nous sommes convaincus qu'on obtiendra ainsi une économie de 5 à 10 0/0 et une augmentation de puissance.

Cette marche avec une chute de pression de 5 *kg* trouverait son application immédiate si l'on avait des cylindres à enveloppe de circulation

d'eau ou de vapeur, — on pourrait maintenir aussi les cylindres à une température notablement supérieure à celle à laquelle ils reçoivent la vapeur, on augmenterait la puissance vaporisatrice des enveloppes ; sur les diagrammes la chute de pression diminuerait à l'introduction et la courbe de détente se relèverait.

Dans ces conditions, on pourrait aborder les grandes détentes sans trop de condensation sur les parois des cylindres.

Ce système, si la pratique en grand vient en confirmer les premiers résultats, aura cet avantage qu'avec une très faible augmentation de dépenses, lors du remplacement de la chaudière, on pourra augmenter la puissance des locomotives et diminuer la dépense de combustible.

MM. Durant et Lencauchez passent ensuite dans leur mémoire à la description d'une distribution qu'ils m'ont proposé d'essayer et qui a été appliquée, distribution destinée à augmenter la période de détente et de mieux régler celle de compression afin que les espaces nuisibles soient bien remplis, au moment de l'avance à l'admission, par de la vapeur à la pression de celle de la chaudière.

Pour les locomotives et spécialement celles à grande vitesse, MM. Durant et Lencauchez trouvent préférable, et je suis complètement de leur avis, la distribution par coulisse et ses dérivés avec tiroirs de distributeur intimement liés à son mouvement sans choc au déclic, système qui, dans les conditions actuelles de vitesse, est le seul donnant la sécurité absolue que réclament les services publics.

La première application de la distribution de MM. Durant et Lencauchez était dans les conditions ci-après : les phases de l'admission n'étaient pas changées, mais l'échappement se faisait par un tiroir spécial auquel le mouvement était donné par la crosse de piston.

Par cette disposition, on obviait à l'inconvénient des distributions ordinaires par tiroir qui, à la marche au point mort, ont une avance à l'échappement atteignant presque 50 0/0 ; dans les premiers essais, cette avance à l'échappement n'était que de 15 0/0, et par suite de la symétrie du mouvement, la compression commençait après 15 0/0 de la course rétrograde, on obtenait ainsi pour la marche au point mort 55 0/0 de détente en plus et on limitait à 30 0/0 le temps de l'échappement qui a généralement pour valeur une course de piston. Il y avait donc 70 0/0 de temps en moins pour la communication du cylindre avec l'atmosphère. La pression de la vapeur à la fin de la compression correspondait théoriquement à la pression de la chaudière.

Les prévisions étaient donc :

1° *Prolongement de la détente ;*

2° *Diminution du temps de l'échappement et par suite diminution du refroidissement des cylindres ;*

3° *Diminution de la chute de pression à l'admission résultant d'espaces nuisibles mieux remplis.*

A faibles vitesses, tout allait bien, mais avec des vitesses moyennes, et surtout aux grandes vitesses, *le temps d'échappement* était trop faible, une contre-pression sensible se manifestait et il en résultait aux fins de course une pression beaucoup trop élevée qui soulevait les tiroirs et

produisait un travail résistant beaucoup plus grand que celui qui est nécessaire pour amortir les chocs et remplir les espaces nuisibles. Comme ce travail résistant n'était récupéré que pour une faible partie, l'économie due aux autres avantages était rendue nulle par cette grande compression.

Cette disposition a donc dû être abandonnée et MM. Durant et Lencauchez en terminant la description de ces divers essais exposent la nouvelle disposition, en application actuellement, qui consiste à donner le mouvement aux tiroirs d'échappement par un mécanisme dont la commande se fait par un tourillon pris sur le coulisseau prolongé de la coulisse. On comprend en effet que, suivant le point de la coulisse où l'on commande les tiroirs d'échappement, on puisse obtenir les conditions d'échappement et de compression qui y correspondent, on peut donc obtenir celles qui sont préférables à tous les points de vue.

Les avantages que les auteurs trouvent à cette combinaison sont les suivants :

Pour l'admission :

1° *Les tiroirs d'admission ne servant plus pour l'échappement, il est très facile d'admettre par une double introduction directe, et la chute de pression à l'introduction sera notablement diminuée ;*

2° *La vapeur d'admission n'est plus refroidie par le passage de la vapeur d'échappement, il y aura donc de ce fait moins de condensation ;*

3° *L'espace nuisible peut être réduit à 4 0/0, il est habituellement dans les locomotives de 8 à 9 0/0 ;*

4° *La détente est prolongée jusqu'à 80 0/0 au point mort, au lieu de 52 0/0 dans les locomotives ordinaires.*

Au point de vue de l'utilisation du travail de la vapeur, l'espace nuisible diminué, la durée de la compression amoindrie et la prolongation de la détente sont autant d'éléments favorables à la nouvelle distribution.

5° *Les tiroirs d'admission sont en partie équilibrés par leur disposition, ainsi que l'indiquent les dessins qui figurent au tableau.*

Pour une pression de 10 *kg* dans la boite à tiroirs ordinaires, la pression minima par centimètre carré est de 15 *kg* et la pression maxima de 26 *kg*, sur les tiroirs tournants d'admission, ces pressions sont au minimum 8 *kg* et au maximum 17,5 *kg*.

Pour l'échappement :

On peut donner aux lumières d'échappement toute la section nécessaire pour éviter les contre-pressions.

Le 17 courant, un train composé de 16 voitures (160 *t*) a été remorqué par la machine 67 (nouvelle distribution), de Paris à Bretigny (31 *km*), à une vitesse de 55 *km* à l'aller et 70 *km* au retour.

La locomotive était munie de deux indicateurs Watt, système Martin Garnier, des diagrammes ont été pris sur chaque cylindre à des vitesses qui ont varié de 25 à 95 *km*.

Ces diagrammes sont déposés sur le bureau avec des diagrammes d'une machine 75 de la même série, mais munie d'une distribution ordinaire.

Il est facile de se rendre compte, par la vue de ces figures, des avantages de la nouvelle distribution.

La différence la plus saillante entre les deux types de diagramme est dans la forme de la courbe de compression qui renfle notablement la surface des diagrammes correspondant à la nouvelle distribution.

La courbe est plus renflée à l'admission et la contre-pression est diminuée à grande vitesse.

Si on calcule les dépenses de vapeur correspondant au travail produit en déterminant le poids de vapeur présent au cylindre au commencement de l'échappement et en déduisant le poids de vapeur qui remplit l'espace nuisible, on arrive aux résultats suivants :

NUMÉROS DES FIGURES	NOMBRE DE KILOGRAMMÈTRES PAR GRAMME DE VAPEUR DÉPENSÉE		DIFFÉRENCE	AVANTAGE POUR CENT POUR LA MACHINE 67	VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE
	MACHINE 67	MACHINE 75			
I	37,2	32,10	5,10	15,8	50
II	39,2	31,6	7,6	24,0	70
III	37,8	34,4	3,4	10,0 (*)	80
IV	42,5	33,8	8,7	25,6	40
		Moyenne		18.9	

Plusieurs conditions ayant une influence sur la dépense de vapeur ne ressortent pas de l'analyse des diagrammes, *l'eau entraînée* par exemple, mais il n'y a pas de raison pour qu'elle soit différente dans des conditions identiques de production de vapeur.

L'espace nuisible est réduit de moitié, 4, 5 0/0 au lieu de 8 à 9 0/0, une plus grande quantité de vapeur sera utilisée comme pleine pression par la machine 67.

La diminution de la compression donnera lieu à moins de travail résistant, comme frottement des organes du mécanisme.

Malgré le plus grand nombre des tiroirs et des articulations, le travail total de frottement est moins considérable que celui des tiroirs ordinaires.

Ainsi la pression totale sur chaque tiroir tournant d'admission est pression :

Minima . . 1 660 *kg*
Maxima. . . 4 180 »
5 840 » moyenne 2 920 *kg;* la pression totale sur chaque tiroir tournant d'échappement est en moyenne. . . . 553 *kg*

(*) Malgré la pression plus faible à l'admission.

La pression moyenne pour les quatre tiroirs de la machine 67 est donc :

$$2 \times 2\,920\ kg + 2 \times 553\ kg = 6\,946\ kg,$$

Pour la locomotive 75 à tiroirs ordinaires la pression minima est de . . . . . 6 905 *kg*
La pression maxima est de . . . 9 010 *kg*
15 915 *kg* moyenne 7 957,5 *kg*.

Le coefficient de frottement étant supposé de 0,10, *le travail résistant* qui résulte est par tour de roues, pour les deux cylindres :

Pour la machine 75 à tiroirs ordinaires, 210 *kgm*.

Pour la machine 67 à tiroirs tournants, 180 *kgm*.

M. Polonceau tient à signaler un essai qu'il a fait de l'économie vapeur de M. Mercey, Ingénieur chef de Traction à la Compagnie d'Orléans.

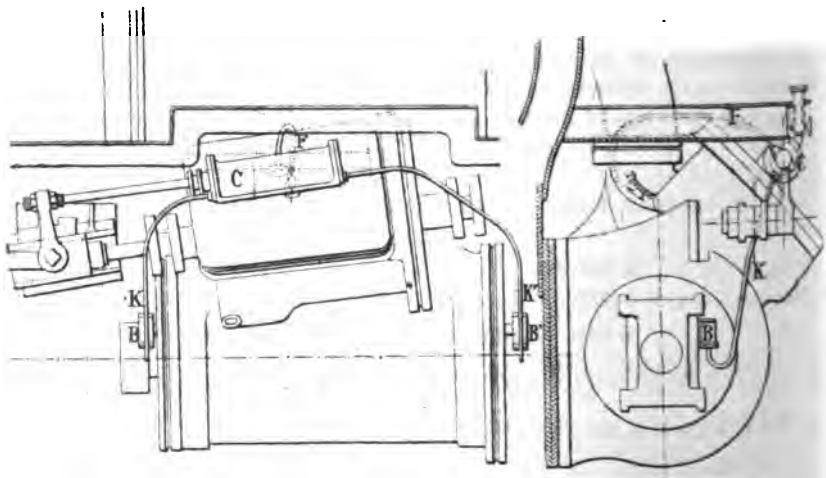
Le but a été :

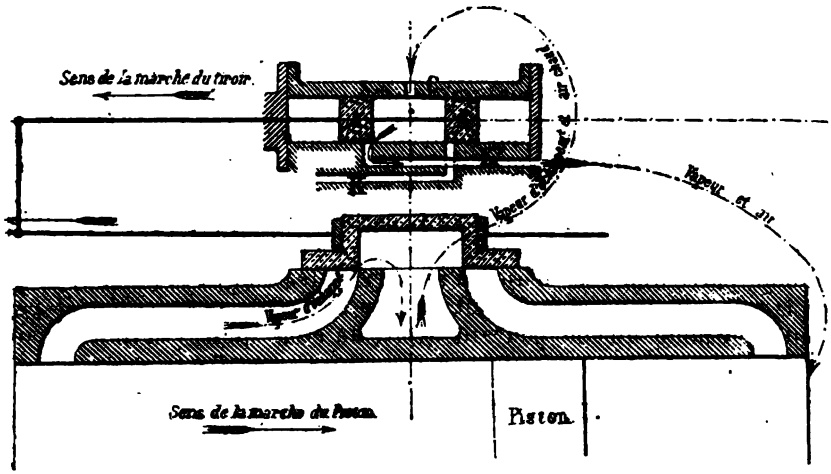
1° D'éviter les condensations de la vapeur vive qui se produisait pendant les périodes d'admission et de détente par une rentrée d'air chaud qui, aspiré par le vide partiel produit entre deux coups d'échappement consécutif, pénètre dans le cylindre au moment où la période de compression commence, c'est-à-dire, dans la capacité du cylindre où la vapeur d'échappement restante est descendue à la pression atmosphérique;

2° D'utiliser une partie de la vapeur d'échappement qui s'introduit en vertu de sa pression et de sa vitesse dans le cylindre en même temps que l'air chaud, au moment même où la période de compression commence dans le but de lubrifier le cylindre et de remplir par compressions d'air chaud et de vapeur d'échappement réunies une partie des espaces nuisibles.

Cette rentrée n'a lieu que pendant une partie de la période de compression.

L'installation qui est très simple a été appliquée à la machine 330, elle est en service depuis trop peu de temps pour que l'on puisse donner des résultats précis, mais, en tout cas, ils ne sont pas mauvais, puisque cette machine dépense en moyenne 5 0/0 en moins de la moyenne du dépôt.





En terminant leur travail, MM. Durant et Lencauchez font remarquer que si les locomotives d'Orléans dépensent **12,414** *kg* de vapeur sèche par force de cheval et par heure, les machines fixes bien soignées d'Amérique (système Armington) sans enveloppe et sans condensation dépensent. . . . . 12,250 *kg*
et les machines Corliss (type du Creusot) sans condensation ni réchauffeur. . . . . 9,666 *kg*

Ils signalent que l'infériorité de la locomotive sur la machine Corliss tient à ce que pour les grandes détentes, la vapeur s'échappe à 65, 60, 55, et 50 0/0 de la longueur de la course du piston.

Nous croyons qu'étant données les conditions spéciales toutes défavorables où se trouve en service la locomotive, c'est un résultat admirable que d'être arrivé à une consommation si peu élevée par rapport aux machines fixes établies dans les conditions les plus avantageuses, préservées en partie des condensations avec des chaudières fixes et non constamment soumises aux trépidations de la route.

Mais, si la locomotive dépense environ **2,500** *kg* de vapeur sèche de plus par heure et par force de cheval que la Corliss, soit 25 0/0, je suis d'avis, comme les auteurs, qu'il n'est pas impossible d'arriver à augmenter le rendement de ces machines par les divers procédés que nous avons énumérés ou par d'autres, bien entendu, mais je crois que l'on peut dire que les locomotives ont actuellement un rendement très satisfaisant, si on tient compte des conditions de service dans lesquelles elles sont et que ce qui rend difficile actuellement le progrès, c'est précisément que leur rendement approche de celui des machines fixes les plus récentes.

M. LE PRÉSIDENT s'associe aux applaudissements qui viennent d'accueillir la communication si claire et si nette faite par notre excellent Vice-Président et le remercie, au nom de la Société, des nombreux documents qu'il a bien voulu faire mettre à la disposition de nos collègues et des expériences intéressantes dont il nous a rendu compte.

La question traitée est trop importante pour ne pas provoquer une discussion à laquelle seront priés de bien vouloir assister les Ingénieurs des autres Compagnies; elle aura lieu dès que le Bulletin aura publié cette intéressante et utile communication.

M. Polonceau. — Mon but a été de vous montrer ce que nous avons fait, pour que chacun apporte ses idées et dirige ses recherches sur d'autres moyens d'améliorer les machines locomotives.

Le mémoire de MM. Durant et Lencauchez n'est pas encore publié; je crois que, pour la discussion, il serait préférable que le Mémoire fût publié, parce que ceci n'est qu'un exposé résumé et sommaire, et je crois que cela nous entraînerait dans une discussion qui n'aurait pas toute l'étendue qu'elle pourrait avoir. Je crois qu'il vaudrait mieux attendre.

La séance est levée à dix heures et demie.

ANALYSE DE L'OUVRAGE DE M. GIBON

LES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET L'INDUSTRIE

PAR

M. Georges SALOMON

Au milieu des débats contradictoires auxquels la question des accidents du travail donne lieu devant le Parlement et dans le public, notre savant collègue, M. Gibon, ancien directeur des Forges de Commentry, a eu l'heureuse pensée de signaler les vues de l'industrie, de faire entendre ses desiderata sur cette grave question, dans une étude intitulée : *Les Accidents du travail et l'industrie.*

Nul n'était plus autorisé à le faire : au cours de sa longue carrière, il a su remplir, avec une perfection rare, le plus beau rôle qui nous semble dévolu à l'ingénieur, celui de pacificateur, d'intermédiaire amiable entre le patron et l'ouvrier. Il a organisé et fait prospérer aux Forges de Commentry une Société coopérative de consommation; il y a fait appliquer, dès 1863, un règlement général pour prévenir les accidents, et ce règlement ainsi que les statuts de la coopérative sont d'excellents modèles.

Son livre sur les accidents du travail est facile à résumer, grâce à l'ordre et à la clarté qui le caractérisent. Avant de critiquer l'œuvre du législateur, de présenter une solution, il résume la législation étrangère, il montre les mesures adoptées pour prévenir les accidents industriels, il signale la statistique des accidents à l'étranger et en France, le classement des risques dans les diverses industries, leurs chances variables, puis il énumère les ins-

titutions de secours et de prévoyance qui ont spontanément germé dans l'industrie française.

Non content de ce vaste ensemble de données sur lequel il pouvait déjà étayer solidement ses arguments, il a suscité et conduit une enquête du comité central des Houillères de France, dont il consigne les résultats.

Ces matériaux et le plan général esquissé à l'avant-propos font connaître la pensée de l'auteur, prévoir ses conclusions. Ils montrent un économiste fortement imbu des idées libérales qui subit, plutôt qu'il accepte, la loi nouvelle établissant comme un nouveau droit le risque professionnel et qui, pour la rendre viable, cherche à en élaguer les dispositions vexatoires, à lui assimiler les mesures qui ont réussi sans contrainte dans la grande industrie.

« Les chefs d'industrie, dit M. Gibon, ont certainement le devoir de protéger l'ouvrier contre les périls inhérents au travail auquel on l'emploie, mais malgré les mesures préventives les mieux étudiées, malgré les règlements les plus précis, les instructions les plus formelles, il se produit souvent des accidents dont la cause reste inexplicable, mystérieuse; l'opinion publique réclame une arme pour se défendre, pour réparer le dommage, le malheur, autant qu'il peut être possible de le faire.

» On ne se demande pas si, en fait, les houillères sont plus fatales que les carrières, si les chemins de fer font plus de victimes que les voitures publiques, que l'usage du cheval. On ne se demande rien, mais on veut un remède, on veut surtout une responsabilité, et c'est ainsi qu'on a créé le risque professionnel; on ne doit plus le discuter, il faut le comprendre, l'admettre, le subir. La magistrature, elle-même, malgré les lois existantes, rend des jugements qui témoignent qu'elle subit l'action de l'impression, de la pression publique... Mais, une loi est un acte de haute gravité, cet acte ne doit pas répondre à une impression; les faits qui la déterminent doivent être étudiés avec prudence et persévérance, le législateur doit s'appuyer beaucoup sur les us et coutumes consacrés par la pratique. La solution présente des difficultés capitales, au point de vue juridique comme au point de vue économique; nous sommes convaincu qu'il y a quelque chose à faire, mais ce quelque chose ne nous paraît pas être, au moins pour notre pays, le Monument gigantesque édifié par l'Homme puissant qui gouverne l'Empire d'Allemagne. »

Ce monument, M. Gibon en montre les parties qui l'intéressent,

en critique plutôt qu'en cicerone : il ne donne pas une sèche traduction de la législation allemande sur les accidents, il commente. La loi allemande rend l'industriel responsable de tous les accidents qui se produisent dans son exploitation, quelle qu'en soit la cause et quelle que puisse être la faute de l'ouvrier qui en est la victime. Un jury spécial fixe les indemnités dont la loi a déterminé le maximum. L'assurance obligatoire est l'instrument qui les distribue ; des tribunaux spéciaux règlent tous les différends.

Ainsi que l'établit M. Gibon, ce socialisme d'Etat, franchement pratiqué, n'a nullement enrayé la marche du socialisme révolutionnaire. La loi ne satisfait personne ; ni l'ouvrier qui trouve les pensions médiocres, regrette le règlement de ses difficultés par les tribunaux et souvent aussi la pratique des œuvres patronales, ni les patrons de la petite industrie écrasés sous des charges nouvelles, ni ceux de la grande et de la moyenne industrie qui, quoique dégagés pour l'instant de toute responsabilité civile, ne voient pas sans inquiétude les charges financières que leur ménage l'avenir.

« Ce qu'on doit blâmer le plus dans cette loi, observe M. Gibon, c'est qu'elle désintéresse le patron des conséquences des accidents qui peuvent se produire dans son usine... »

Jamais, en France, on n'admettra qu'un patron dise froidement : « Ce malheur ne me regarde pas, j'ai payé ma prime d'assurance, je ne connais pas de victime. »

De même, on ne saurait non plus souffrir en France « les pratiques de caserne », « les procédés d'inquisition » du socialisme d'État avec lequel l'Allemagne triomphante est si triomphalement châtiée !

Il ne semble pas non plus, à juger par les grèves qui secouent, en ce moment, l'industrie autrichienne, que l'Autriche supporte aisément le système de l'assurance obligatoire pour les maladies et les accidents.

La Suisse n'a pas encore imité l'Allemagne.

La loi y fixe le maximum des indemnités et les établit suivant une échelle variable : l'indemnité est faible si l'accident est le résultat de la faute lourde de la victime, plus élevée si elle est la conséquence du risque professionnel, plus marquée encore s'il y a faute lourde du patron.

Après avoir reconnu le bon sens et la justice de cette législation, M. Gibon profite d'un court exposé de la situation en Belgique et

en Angleterre pour proclamer les vertus de l'initiative privée, les bienfaits de la liberté et anathématiser l'assurance obligatoire qu'il appelle un oreiller de paresse.

Ce premier chapitre est comme l'âme du livre, il donne l'esprit de la législation acceptée par l'auteur ; les chapitres suivants en fourniront les termes.

Conformément à la thèse que nous avons soutenue ici même, il y aura tantôt huit années (1), le chapitre sur les mesures préventives contre les accidents établit que « c'est surtout sur l'action de l'initiative privée qu'il faut compter pour arriver à réduire les accidents d'une manière continue ». M. Gibon n'a cependant pas poussé aussi loin que nous le respect de la liberté individuelle.

A défaut d'un service d'inspection libre, il demande le contrôle de l'Etat, par nous formellement récusé : pour inciter le patron à adopter scrupuleusement les mesures préventives, il suffit, à notre avis, de le frapper lourdement pour tout accident que l'emploi de ces mesures eût permis d'éviter.

Nous ne nous sommes pas occupé, alors, de la loi de justice à intervenir en faveur des victimes d'accidents que la science est encore impuissante à conjurer. Nous n'aurions pas manqué de reconnaître, avec notre auteur, qu'elle pourrait dire, comme sanction des mœurs qui font l'honneur de notre grande industrie, « *que tout accident produit par une cause inhérente à un travail qualifié dangereux, et dont l'ouvrier n'est pas le maître, constitue au premier chef le risque professionnel et que l'industriel doit une compensation à la victime ou à ses ayants droit.* »

Il s'agit, maintenant, de déterminer les charges qu'entraînent les accidents de l'industrie, les conditions de l'assurance. La statistique, seule, permettrait de mener cette tâche à bien et, précisément, une statistique complète des accidents industriels n'existe pas. Aussi, après une étude minutieuse, une interprétation savante d'importants documents statistiques, M. Gibon se voit contraint de déclarer, « la difficulté, » il aurait pu dire l'impossibilité, « dans laquelle on se trouve pour fixer sûrement les risques. » Ne pouvant fixer les risques, on ne peut prévoir les capitaux nécessaires au service des pensions et indemnités, auxquelles une caisse d'assurance de l'État ou des sociétés d'assurance privées auraient à pourvoir pour couvrir la responsabilité des industriels ; on bâtit sur le sable, on substitue des difficultés judiciaires à d'autres.

(1) *Communication « sur la Liberté des mesures contre les accidents industriels ».* (Séance de la Société des Ingénieurs civils du 16 juin 1882).

Force est bien de repousser l'assurance obligatoire, de récuser l'État assureur, d'être confiant dans la toute-puissance de la liberté.

« Au point où en sont les choses, sans doute il faut une loi, dit M. Gibon, mais que son application soit sévèrement limitée aux industries dangereuses, au véritable risque professionnel, qui est conséquent des événements dont personne n'est le maître, et que son exécution soit, autant que possible, laissée dans les mains de l'industriel, par le maintien et l'extension des caisses de secours et par la liberté de remplir comme il l'entendra les charges qui lui seront imposées par la loi. »

Pour bien établir que l'industrie est digne de cette liberté, M. Gibon a fait ouvrir l'enquête du Comité central des Houillères de France (1884-1888).

Cette enquête, qui a porté sur 17 Compagnies houillères, occupant ensemble 31 349 ouvriers et employés, a procuré sur l'organisation des secours en cas d'accidents dans les houillères certains renseignements qui faisaient complètement défaut. Ainsi, elle a montré que la proportion des pensions résultant de jugements était beaucoup plus faible qu'auraient pu le faire croire l'accroissement du nombre des procès pendant ces dernières années et le surcroît de sévérité des tribunaux envers les exploitants (environ 7 0/0 du chiffre moyen des pensions et indemnités). Elle n'a cependant pas permis à son auteur de classer les accidents, selon qu'ils provenaient de la faute lourde du patron ou de l'ouvrier ou du risque professionnel : « Presque tout a été mis sur le dos anonyme de ce nouveau droit; c'est ce qui est le plus commode et c'est aussi ce qui, dans l'ordre des choses qui se pratique encore aujourd'hui, paraît le plus naturel. »

D'autre part, il résulte des calculs auxquels M. Gibon s'est livré d'après les tarifs de nos grandes Compagnies d'assurance, en vue d'établir le capital en réserve, absolument nécessaire pour assurer la garantie des pensions servies spontanément par les 17 houillères examinées, que la charge annuelle par établissement et par ouvrier occupé varie entre un minimum de 12,75 *f* et un maximum de 414,50 *f*, avec moyenne de 124 *f*.

Dès lors, comment fixera-t-on dans la loi une moyenne équitable? « La loi, ainsi que le dit M. Gibon, donnera l'uniformité; les exploitations les mieux dirigées, celles qui sont exemptes de grisou, qui sont favorisées par la solidité du terrain, paieront pour celles qui ne sont pas dans ces conditions... On peut se demander

comment on ferait une loi répondant avec justice à tous les intérêts. « *Je crois pouvoir dire que ce n'est pas possible.* »

Sur ce jugement, M. Gibon relate, d'une façon succincte, d'après les plus récentes données, les résultats que donnent les caisses de secours dans les houillères, les caisses de secours mutuels et, enfin, avec les institutions patronales, les caisses de secours dans les industries diverses. Il établit ainsi, mieux que par de longs panégyriques, que la loi peut et doit s'appuyer sur ces institutions qui constituent un lien social des plus puissants, aider même à leur développement « en donnant à l'industrie le simple privilège de soigner elle-même ses blessés aux conditions qu'elle fixera et pendant tout le traitement, jusqu'au moment où la guérison sera complète ou jusqu'au moment où sera définie l'incapacité permanente de travail partielle ou absolue. »

Arrivé à cette partie de son livre, l'auteur déclare qu'il pourrait s'arrêter, que ses lecteurs connaissent son opinion sur les points les plus intéressants de la loi. Néanmoins, il a bien voulu, et le lecteur lui en sera reconnaissant, signaler dans un dernier chapitre les diverses propositions présentées à la Chambre et scruter article par article le projet de loi adopté par la Chambre et revisé par le Sénat. C'est, en effet, le meilleur mode de conclusion, le résumé par excellence de son étude. Il y repousse de toutes ses forces l'article premier du projet de la Chambre, qui déclare le chef d'industrie toujours responsable, sauf quand l'accident est le fait d'un crime : il accepte, sous réserve de les appliquer, au début, aux industries les plus dangereuses les dispositions de cet article modifié par le Sénat le 1er avril dernier. « Le Sénat, dit-il, a jugé comme nous ce malheureux article et l'a complètement transformé; il a voulu que la responsabilité de l'industriel ne fût engagée que dans une industrie où le travail sera reconnu *dangereux et pour les accidents résultant du fait du travail ou à l'occasion du travail;* il a voulu que la faute lourde fût à la charge de son auteur. » M. Gibon approuve encore le Sénat de n'avoir pas fixé le minimum de la pension, d'avoir pris le salaire pour base de l'indemnité, d'avoir proclamé la liberté des caisses d'assurance.

Par contre, il voit dans l'extrême difficulté que présente la fixation du chiffre des pensions et indemnités une cause incessante de procès.

Enfin, il termine en demandant, à nouveau, que les caisses de secours et mutuelles reliées à la loi soient chargées du traitement, que la loi suscite la création d'associations pour prévenir les acci-

dents et assurer l'hygiène des ateliers, qui fonctionneraient à la façon des associations privées des propriétaires de chaudières à vapeur.

Voyant le péril de tous côtés, il redoute un excès de hâte chez le législateur : « Soyez prudent, lui dit-il sans cesse, la matière est grave et délicate. Pour la résoudre, ne prenez d'autres guides que la science, la justice, la morale et la liberté. » Puissent ses sages avis être entendus!

DE LA PRODUCTION ET L'EMPLOI DE LA VAPEUR

considérée comme force motrice

PRINCIPALEMENT DANS LES LOCOMOTIVES

PAR

MM. A. LENCAUCHEZ et L. DURANT

La production et l'emploi de la vapeur sont encore l'objet de nombreuses discussions, ce qui prouve que les essais faits jusqu'à présent, pour en déterminer les conditions économiques, n'ont pas encore réussi à résoudre ce problème, d'ailleurs très complexe. Notre but est de mettre en évidence un certain nombre d'observations, que, depuis plus de vingt ans, nous avons eu l'occasion de faire sur la production et sur l'emploi de la vapeur, principalement depuis 1882 jusqu'à ce jour, d'abord, avec la haute collaboration de M. Forquenot, puis de son successeur, M. Ernest Polonceau, vice-président de la Société des Ingénieurs civils, ingénieur en chef du matériel et de la traction, au Chemin de fer d'Orléans. Nous devons à la vérité de déclarer tout d'abord que c'est grâce à cette collaboration éclairée et toujours à la recherche du progrès que nous avons pu arriver aux résultats ci-après, qui, jusqu'ici, n'ont pas été publiés. Ce travail constitue ainsi un ensemble des recherches, essais et observations faits à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, durant ces dernières années, sur les locomotives.

Dans le Mémoire, nous exposerons nos études et les résultats obtenus et, dans une seconde partie lui faisant suite, nous donnerons les dessins des appareils avec leurs descriptions.

CHAPITRE PREMIER

§ 1. — Foyer et combustion.

Jusqu'ici cette partie essentielle de la production de la vapeur, c'est-à-dire de la puissance génératrice, semble avoir été la moins étudiée; on s'est surtout occupé de la fumivorité, et on doit reconnaître que l'on s'est souvent éloigné de la solution rationnelle et radicale, pouvant donner la combustion complète sans fumée noire. La fumée noire ne doit pas se former dans un bon foyer et on ne doit pas oublier que, une fois formée, elle ne disparaît plus.

La fumée noire et incommode, dite neige de Londres, ne renferme à peine que 1 0/0 du carbone des houilles fumeuses. Cela fit dire à certains industriels : « Ce n'est rien ; si nous incommo- » dons le voisinage, par compensation ne lui donnons-nous pas » la vie ? Peut-on nous imposer des dépenses et frais d'établisse- » ments ruineux, pour utiliser à peine 1 0/0 de matières combus- » tibles, alors que nous en perdons 3, 4, 5 et 6 par les escarbilles » des cendres, sous prétexte que nos voisins peuvent voir tomber » quelques rares flocons de neige noire, quand le vent souffle de » leur côté ? »

De même, pour les chemins de fer, on entendait dire : « Peu » importe la fumée ; il y a des glaces, que les voyageurs les fer- » ment. Si les tentures et draps des voitures de première classe » ont à souffrir de la fumée, ceci n'intéresse que les Compagnies » et les voyageurs n'ont rien à y voir (1). »

Cette manière de voir superficielle est des plus trompeuses, car si l'on peut considérer cette fumée comme peu importante par elle-même, il y aurait une très grande erreur de ne pas se préoccuper des conséquences peu économiques qui en résultent. En effet, elle est l'indice d'une mauvaise et incomplète combustion, qui montre à l'observateur réfléchi qu'une notable quantité d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'hydrogène carboné et de vapeur de goudron ont échappé à la combustion; cette perte, par défaut de combustion, est au minimum de 10 0/0 et souvent elle dépasse

(1) Dans certains pays, on a eu, d'ailleurs, pour un temps, des châssis mobiles à toile métallique, qui permettaient la circulation de l'air en s'opposant à l'introduction du noir de fumée dans les compartiments. Cette disposition est encore, il est vrai, appliquée en été par quelques Compagnies, mais elle a surtout pour objet d'empêcher la poussière de pénétrer dans les compartiments.

30 0/0, ainsi que de nombreuses observations, faites dans ces derniers temps en Allemagne et en Angleterre, l'ont démontré. (Voir la *Revue industrielle* du 17 août 1889.)

Dès 1864, d'après nos propres expériences, une petite locomotive de 12 *t* et de 27 *m²* de surface de chauffe, transformée en machine fixe, à Montmorency, ne produisait pas plus de 2 *kg* de vapeur par 1 *kg* de houille de première qualité à 8 000 calories, ou de coke à 7 000 calories, et de leur mélange. Dans ce cas, la perte pratique était de 75 0/0, puisque ces bons combustibles, brûlés convenablement, auraient donné 8 et 8 1/2 *kg* de vapeur sèche utile.

Dans certaines locomotives à petits foyers, on constate souvent le feu dans la boîte à fumée (1) et les gaz imparfaitement brûlés y arrivent à une température voisine à 450°. Or, pour brûler un mélange CO^2 et CO à cette température, il faut que les proportions soient, suivant la formule ci-dessous :

$$CO + CO^2 + O = 2CO^2.$$

Il faut donc en conclure que, dans ce cas, il y a au moins la moitié des gaz combustibles qui ont échappé à la combustion dans la boîte à feu. Tout le monde sait bien, d'ailleurs, qu'il n'y a pas de combustion possible dans les tubes vaporisateurs, où la vitesse d'écoulement des gaz varie entre 70 et 30 *m* par seconde ; pour que la combustion du foyer pût se continuer dans les faisceaux tubulaires, la vitesse ne devrait pas dépasser 4 à 5 *m* par seconde et encore dans des gros tubes ou canaux de 0,400 *m* de diamètre *(ou de hauteur et de largeur)* dans lesquels le refroidissement ne serait pas assez rapide pour faire tomber les gaz en combustion au-dessous de la température où celle-ci se produit.

Lorsque les Ingénieurs des chemins de fer arrivèrent à remplacer le coke par la houille dans les locomotives, vers 1856, ils remarquèrent que la combustion y était beaucoup moins parfaite qu'ils ne pensaient *(car, avec le coke, une très mauvaise combustion ne peut donner de fumée)*, alors on fit des essais de foyers et de grilles Chobrzynski, Ten Brinck, Belpaire et Fairbairn. La grille Chobrzynski était à gradins, comme nos gazogènes d'aujourd'hui; elle permettait de brûler des menus et fines ; mais, avec les anciens types, elle manquait de surface. Le foyer Ten Brinck a été un grand progrès, car c'est un véritable gazogène avec chambre

(1) Pour combattre ce feu, certains Ingénieurs ont fait monter un petit Giffard spécial ou ont dérivé une petite quantité d'eau, de l'injecteur principal, pour la refouler dans la boîte à fumée où une pomme d'arrosoir la pulvérise en pluie fine qui éteint le feu.

de combustion; sous la grille passe l'air primaire, et au-dessus de celle-ci et de la charge de combustible, arrive l'air secondaire qui brûle les gaz combustibles; l'insufflation de cet air secondaire se fait entre la chambre de production des gaz et la chambre de combustion. Cet air produit un brassage très énergique, à la température de combustion des gaz et de l'air qui les brûle; c'est à l'état de mélange intime que le tout pénètre dans la chambre de combustion où celle-ci se produit instantanément, et les gaz sont complètement brûlés quand ils entrent dans les tubes. La cloison séparative fait bien office de bouilleur; elle facilite à l'eau son passage de l'avant à l'arrière et sur les faces latérales du foyer, en même temps qu'elle fait écran protecteur pour la plaque tubulaire. Les résultats obtenus par la disposition Ten Brinck sont : 1° la combustion complète; 2° une meilleure circulation de l'eau autour du foyer; 3° une plus grande consommation de combustible par unité de surface de grille, puisque seulement la moitié de l'air a besoin de traverser celle-ci, l'autre moitié passant par la valve *(dite le fumivore)*; 4° une plus grande durée de la plaque tubulaire du foyer et des tubes qui se trouvent, du fait de la cloison, à l'abri du rayonnement du combustible incandescent et des coups de feu produits par les jets de chalumeau. Tous ces avantages concourent au rendement économique des locomotives, tant au point de vue de la dépense de combustible et de la puissance qu'à celui de l'entretien et des réparations. Ce sont MM. les Ingénieurs de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans qui ont rendu pratique le foyer gazogène pour locomotive, et voici les résultats que ce foyer a permis de réaliser :

Dans les essais faits en 1885 *(fin août et septembre)*, entre Orléans et Tours, avec la locomotive n° 394, du poids de 45 *t* et d'une surface de chauffe de 149,24 m^2, on a obtenu :

1° Une consommation de briquettes par heure moyenne de. 800 *kg*
2° Une production de vapeur brute par heure moyenne de. 7 200 *kg*
3° Une production de vapeur par kilo de briquettes de. . 9 *kg*

Cette production de vapeur comprend, d'ailleurs, l'eau entraînée; la vapeur sèche peut être évaluée à 8 *kg* par kilogramme de briquettes; les gaz brûlés *(fumée)* étaient dans la boîte à fumée à une température voisine de la fusion du plomb, soit à 330°; la pression dans la chaudière était de 10 *kg*, et la température de l'eau dans celle-ci était à 184° : l'excès de la température de la fumée sur celle de l'eau était donc de 330° — 184° = 146°

Avec une chaudière fixe tubulaire, à foyer intérieur, disposée

en véritable calorimètre de 36 m^2 de surface totale de chauffe, ayant à la suite un sécheur de vapeur de 14 m^2, formant un tout de 50 m^2 (fig. 1), on a obtenu, par kilogramme de briquettes, 8,650 kg de vapeur sèche surchauffée seulement entre + 1 et 3 degrés au-dessus de la température de saturation, à la pression de 5 kg; l'eau d'alimentation était prise à + 20 degrés, les briquettes étant les mêmes que dans les essais de la Compagnie d'Orléans, et la température de la fumée à la base de la cheminée était à 180 degrés; mais la production n'était que de 13 kg par mètre carré et par heure.

Cette expérience corrobore les excellents résultats obtenus sur la locomotive n° 394.

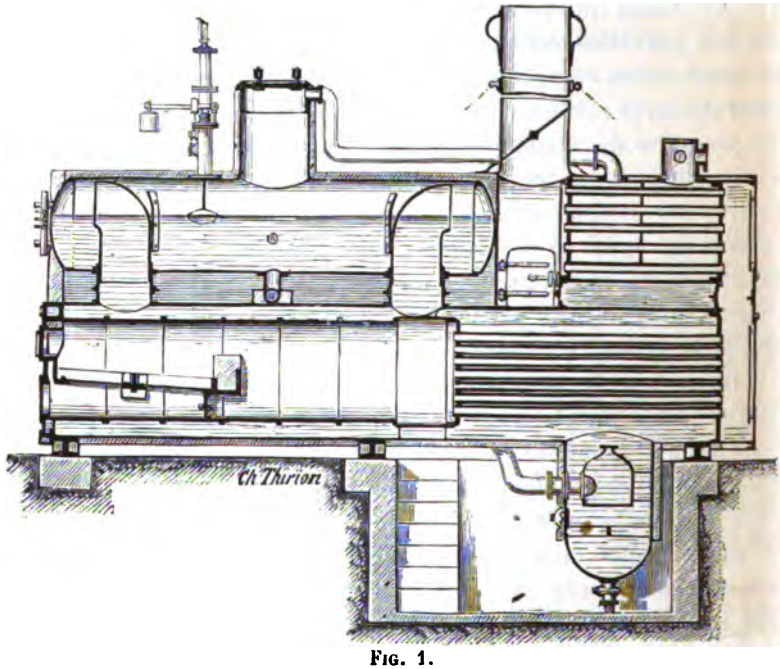


Fig. 1.

Voici les dimensions principales de la chaudière de cette locomotive :

1° Surface de grille . . . . . 1,67 m^2
2° Surface totale de chauffe. . . . . 149,24 m^2
3° Timbre. . . . . 10 kg

Cela donne :

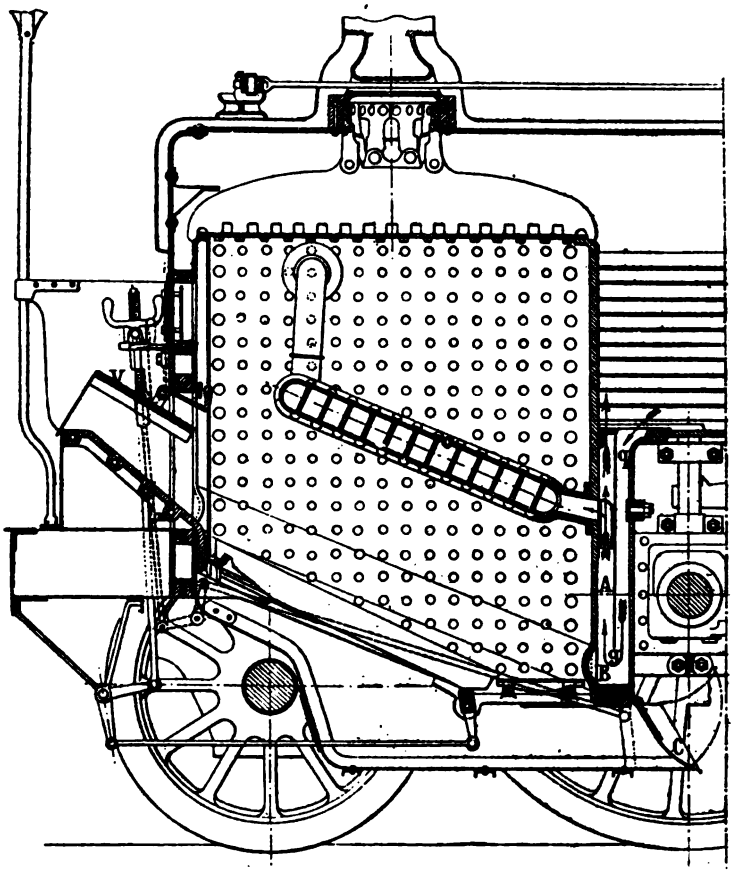
a Une consommation de briquettes par heure et par mètre carré de grille de. . . . . $\frac{800\ kg}{1{,}67\ m^2} = 473\ kg$

b Une production par mètre carré moyen et par heure

de . . . . . $\frac{7\,200\ kg}{149{,}24\ m^2} = 48\ kg$

Cette production de 48 *kg* n'est pas très grande pour une chaudière de locomotive; mais, ici, il faut remarquer que les tubes vaporisateurs de la chaudière ont 5 *m* de longueur et, comme sur cette longueur totale, le 1/4 ou 1,250 *m* ne produit que 5 0/0 environ de la production totale, il s'ensuit que si les tubes étaient réduits à 3,750 *m* ou 3,500 *m*, ainsi que ceux d'un grand nombre de locomotives, la production moyenne et par heure serait de 60 *kg* environ par mètre carré moyen. Disons, d'ailleurs, que c'est

FIG. 2.



N. B. — Les entretoises de la cloison d'avant ont été omises à dessein, pour mieux faire voir le guide-eau (guide-courant).

grâce à leurs tubes longs et à leur grande capacité que les locomotives de ce type peuvent produire beaucoup et économiquement. Dans ces essais prolongés entre Orléans et Tours *(Observations faites entre les Aubrais et Saint-Pierre-des-Corps)*, la distance était de 114 *km*, la rampe de 3,5 *mm*, avec maxima de 5 *mm*, la charge des trains d'expériences de 240 *t* en 21 véhicules. La durée du parcours a été de 98 minutes, moins 2 minutes d'arrêt à Blois, et la vitesse moyenne à l'heure de $\frac{114 \times 60'}{96'} = 71$ à 72 *km*.

Nous ne croyons pas que jusqu'ici on ait obtenu une production aussi considérable avec des locomotives n'ayant que 1,67 m^2 de surface de grille.

Pour faciliter encore la circulation de l'eau autour du foyer et la rendre plus active, nous avons proposé la disposition indiquée sur le croquis ci-dessus (fig. 2). C'est un guide-eau *gg'*, qui doit favoriser le passage de l'eau au-dessus de la grille en B, dans les cloisons faisant boîte à feu ; mais cette disposition ne peut être appliquée aux machines existantes. Elle n'a pas été jusqu'à présent expérimentée.

On remarquera qu'en général les locomotives de la Compagnie d'Orléans donnent, chaque fois que le besoin s'en fait sentir, cette production de 7 200 *kg* de vapeur par heure, d'une façon très soutenue, sans chute de pression, avec la combustion complète et sans trace de fumée noire, même avec les houilles et briquettes de l'Aveyron à 34 et 38 0/0 de matières volatiles, en consommant 470 à 475 *kg* de houille par heure et par mètre carré de surface de grille.

§ 2. — Cendrier fermé avec clapet faisant manche à vent.

A la Compagnie d'Orléans, toutes les locomotives sont à cendrier fermé ; en disposant l'introduction de l'air avec des formes évasées et en donnant au clapet-registre d'admission d'air C *(Voir le croquis qui précède, Fig. 2)* la forme d'une développante de cercle, on favorise l'introduction de l'air dans la capacité ou caisse faisant cendrier ; à la vitesse de 80 *km*, la pression du vent dans la caisse-cendrier est en moyenne de 0,050 *m* d'eau, l'échappement variable étant ouvert en grand. Or la pression dans les cendriers ordinaires clos et étanches est de 0,040 à 0,045 au maximum, dans les mêmes conditions de marche. On voit donc que, dans ce cas, la marche fait soufflerie.

Ainsi que le représente la figure 2, un mécanisme V permet de donner à l'entrée du vent les sections requises à tous les moments de la marche, sous la grille, et dispense de serrer l'échappement aussi fort que dans les machines ordinaires ; du reste, il ne passe à l'état d'air primaire, à travers la grille, que de 80 ä 50 0/0, en moyenne 65 0/0, de l'air nécessaire à la combustion complète, de sorte que les locomotives munies du foyer Ten Brinck avec 1,67 m^2 brûlent le combustible complètement et produisent autant que certaines locomotives à foyer ordinaire ayant plus de 2 m^2 de surface de grille, dont l'extrême longueur ou profondeur entrave l'égale répartition du combustible en couche d'épaisseur uniforme.

§ 3. — Supériorité des foyers gazogènes.

Il faut remarquer que les foyers gazogènes de la Compagnie d'Orléans permettent l'emploi des fines et des menus beaucoup mieux que les autres foyers de locomotives. En effet, dans les grands foyers, on est obligé de ne brûler que des houilles dites 1/3 et 1/4 gras, soit entre 12 et 15 0/0 matières volatiles, les houilles plus maigres passent à travers la grille et sont enlevées par le tirage, les houilles plus grasses donnent des flots de fumée noire incommodes et brûlent très incomplètement ; de là, un mauvais rendement ; avec les houilles réputées les meilleures pour les grandes et longues grilles, il y a toujours une grande perte par tamisage et par entraînement par la cheminée, en même temps qu'un travail pénible et continuel de la part des chauffeurs qui ne peuvent charger que de très petites quantités à la fois pour bien garnir leurs grilles, sans vide, quoique en faible épaisseur.

Avec le foyer gazogène, on peut marcher aux fines et aux menus gras, demi-gras et quart gras ou avec leur mélange, et des houilles les plus maigres ; si le mélange arrive à bien coller, il ne donne ni tamisage, ni entraînement par la cheminée ; donc, le foyer gazogène laisse beaucoup d'élasticité pour les qualités à employer et facilite les traités en approvisionnement de combustibles.

De plus, le foyer gazogène se charge sans laisser pénétrer dans la chambre de combustion autant d'air que dans les foyers ordinaires ; on le remplit jusqu'au gueulard sous une épaisseur de 0,250 m à 0,400 m de combustible, de sorte que les charges, en moyenne, sont quatre à cinq fois plus fortes que pour les autres locomotives ; alors les portes ou gueulards sont ouverts moins

souvent, ce qui est une garantie contre les fréquentes rentrées d'air, qui refroidissent le faisceau tubulaire et le détériorent.

Enfin, avec les machines munies d'un foyer de ce système, on peut aborder les fortes rampes avec une réserve de combustible en pleine combustion, pour cinq à dix minutes de marche, pour le travail même à outrance. Quand il y a lieu, d'ailleurs, de dépasser la limite du travail courant, pour ces cas exceptionnels on peut toujours faire usage de combustible de choix, tel que les briquettes de houille lavées à 5 ou 6 0/0 de cendres, et augmenter encore considérablement la production de vapeur, car alors la marche est bien celle du vrai gazogène soufflé, où la moitié de l'air nécessaire à la combustion passe du cendrier à travers la grille et l'autre moitié passe par la valve *(dite fumivore)*, pour brûler le gaz formé.

L'application de voûtes en briques aux foyers ordinaires est certainement une bonne chose, mais elle ne peut évidemment avoir tous les avantages du bouilleur en cuivre, elle présente des inconvénients dus à son peu de durée, au bout de très peu de temps, 15 à 20 jours, la voûte en briques est vitrifiée, déformée et souvent percée, la combustion devient de plus en plus mauvaise jusqu'au moment où l'on refait une voûte neuve. On a reproché au Bouilleur-Cloison Ten Brinck de coûter cher, parce qu'il est en cuivre rouge : à ceci on peut répondre que le cuivre ne perd pas sa valeur intrinsèque, qu'il augmente la surface de chauffe directe, qu'il facilite beaucoup la circulation de l'eau autour du foyer, et par conséquent, qu'il augmente considérablement la production de celui-ci, tout en le protégeant contre les coups de feu, et enfin qu'un bouilleur-cloison reste en place sept ans et que pendant sa durée moyenne qui est de quinze ans, il ne réclame que trois ou quatre réparations de peu de valeur. D'ailleurs, les expériences récentes faites à la Compagnie de Paris-Lyon et publiées en juillet 1889 par M. Henry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de cette Compagnie, sont tout à l'avantage du foyer Ten Brinck comparé avec les autres systèmes *(Voir annexe A)*.

Pl. 8, fig. 1, 2 et 3. — Foyer Ten Brinck ordinaire à gueulard.

Pl. 8, fig. 4, 5 et 6. — Foyer Ten Brinck Bonnet.

CHAPITRE II

§ 4. — Réchauffeur d'eau d'alimentation.

(Pl. 8, fig. 11, 12 et 13.)

L'eau est en moyenne à la température de 10 degrés dans les tenders des locomotives, on peut la porter à 100 degrés pour l'introduire ensuite à la chaudière à la température de 96 à 98 degrés, en moyenne à 97 degrés.

Dans la chaudière entre les pressions de 10 à 11 *kg* effectifs, la température de l'eau est en moyenne à 186 degrés, la chaleur totale de vaporisation est de 663 calories et l'eau entraînée en moyenne de 15 0/0, le nombre total pratique de calories nécessaire, pour former 1 *kg* de vapeur est donc de :

$$(663^{cal} - 10^{cal}) + [(186^{cal} - 10^{cal}) \times 0{,}15] = 667 \text{ calories.}$$

L'économie ou l'augmentation de puissance due à l'alimentation à la température de 97 degrés à l'introduction de l'eau dans la chaudière est de :

$(97^{cal} - 10^{cal}) + [(97^{cal} - 10^{cal}) \times 0{,}15)] = (97^{cal} - 10^{cal}) \times 1{,}15 = 100^{cal}$

et l'économie rapportée au calorique dépensé pour la formation de 1 *kg* de vapeur utile est de :

$$\frac{100^{cal}}{667^{cal}} = 15\ 0/0 \text{ théoriquement.}$$

Examinons comment on peut réaliser pratiquement la plus grande partie de cette économie, en prenant le calorique nécessaire à cet effet, à la vapeur d'échappement, sous les conditions ci-après qui doivent être remplies

1° La soustraction d'une fraction de cette vapeur d'échappement, 1/5 en hiver et 1/6 en été, ne doit pas nuire au tirage.

2° La vapeur doit être purgée de ses matières grasses qui ont servi à lubrifier les cylindres, pistons et presse-étoupes.

3° L'eau froide qui arrive dans le réchauffeur ne doit pas pouvoir aller aux cylindres.

4° La pompe d'alimentation doit pouvoir bien fonctionner à 100 degrés.

5° L'air mis en liberté par le chauffage de l'eau à 100 degrés et

soumis à l'ébullition doit pouvoir se dégager du réchauffeur sans perte de vapeur.

6° Quand un coup de pompe à eau froide fait un léger vide partiel de quelques centimètres d'eau, soit de un centimètre de mercure au plus, l'air extérieur ne doit pouvoir rentrer dans le réchauffeur, vu que la vapeur ultérieurement mettrait trop de temps pour l'en chasser, et alors l'eau d'alimentation ne serait plus chauffée, ou le serait très imparfaitement, c'est-à-dire à 50 ou 60 degrés.

Voici comment à la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans, le problème a été résolu, d'une façon tout à fait satisfaisante pour locomotives à marchandises.

L'annexe *d* donne tous les détails du réchauffeur avec ses appareils accessoires tels qu'ils sont montés depuis juin 1881 sur un certain nombre de locomotives à marchandises. 17 applications sont aujourd'hui en service.

§ 4 *bis*. — Conditions de fonctionnement des pompes.

A 100 degrés, la force élastique de vapeur d'eau *(ou sa tension)* fait équilibre à la pression atmosphérique, donc l'aspiration n'est pas possible sans une charge et pour cette raison on a placé le réchauffeur sur le corps cylindrique de la chaudière, afin d'avoir une charge d'eau chaude sur le clapet *(dit d'aspiration)* capable de le soulever et de donner brusquement à l'eau chaude une vitesse assez grande pour remplir le corps de pompe pendant la course rétrograde du piston plongeur. La charge d'eau chaude est de 2 *m* et le diamètre du tuyau d'amenée d'eau chaude est de 0,100 *m* dans ces conditions, on a à la vitesse de 40 *km* à l'heure :

1° Charge d'eau chaude pour soulever le clapet. . . .	0,250 *m*
2° Perte de charge pour donner la vitesse d'écoulement à l'eau chaude pendant 1/6 de seconde dans le tuyau 100 *mm* et à un volume utile de 0,800 *l*	0,250
3° Perte de charge pour vaincre le frottement dans 3,500 *m* de longueur de tuyau avec coudes.	0,060
4° Perte de charge pour assurer le passage sous le clapet pour une levée de 10 *mm*, à la vitesse de 2 *m* par seconde	0,221
Charge totale nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de la pompe à eau chaude	0,781 *m*

Mais, comme une course de piston s'accomplit dans 1/6 de seconde, nous avons pensé que l'inertie du liquide *(qui trois fois est en mouvement et qui trois fois est en repos pendant la durée d'une seconde)* pouvait, dans la pratique, modifier considérablement nos prévisions. En marche, à la vitesse de 40 à 42 *km;* le niveau de l'eau chaude a donc été maintenu à une hauteur beaucoup plus grande au-dessus du niveau du clapet d'aspiration de la pompe à eau chaude, et encore, pour assurer le bon fonctionnement des pompes, faut-il que le rapport entre les volumes engendrés par les pompes à eau chaude et à eau froide soit :: 2 : 1; dans ces conditions, le service est pratiquement assuré, mais on remarquera que les tuyaux sont relativement de gros diamètres avec coudes de grands rayons, que tous les ajutages sont coniques pour donner le mouvement uniformément accéléré ou retardé, afin d'éviter autant que possible les pertes de force vive, que de plus, à chaque arrêt ou changement de direction, il y a un récipient régulateur à air, et qu'enfin la pompe à eau chaude engendre un volume double de celui qu'elle a à refouler, de sorte qu'elle est elle-même un récipient régulateur.

Comme on peut le voir, la perte de charge théorique peut être évaluée entre 0,781 *m* et 0,900 *m*, mais, dans la pratique, elle varie entre 1,350 *m* et 1,500 *m*, la charge réelle étant de 2 *m;* il y a donc toujours, dans les cas extrêmes, un excès de charge de 2 *m* — 1,500 *m* = 0,500 *m* d'eau, pour assurer le bon fonctionnement de la pompe à eau chaude.

§ 5. — Influence de la prise de vapeur d'échappement sur le tirage de la cheminée.

Le service de la pompe à eau chaude étant bien assuré, nous avons dû examiner si une diminution de 15 à 20 0/0 du poids de la vapeur d'échappement, lancée dans la cheminée, pouvait réduire le tirage et diminuer la quantité de combustible brûlé dans l'unité de temps, d'où il s'en serait suivi une diminution de production de vapeur qui aurait limité l'augmentation due à l'alimentation à l'eau chaude ; alors on aurait bien fait 15 0/0 d'économie de combustible, mais la puissance de la machine serait restée invariable, de sorte qu'au prix d'une complication, on aurait fait une économie discutable sans augmentation de puissance. Mais il résulte de nos très nombreuses observations que, si

le tirage est diminué de 15 à 20 0/0 pour une même ouverture des valves de l'échappement variable, c'est parce que la vitesse d'écoulement de la vapeur à travers cet appareil est réduite de 15 à 20 0/0. Pour avoir la même vitesse d'échappement, il faut donc réduire la section d'écoulement en serrant les valves de 15 à 20 0/0, soit de deux crans sur onze ; alors on a la même vitesse et la même pression sur les pistons à l'échappement, donc la résistance *(très faible, il est vrai)* au mouvement des pistons n'est pas augmentée, mais le poids, comme le volume de la vapeur qui passe par la cheminée, sont diminués de 15 à 20 0/0, tout en produisant un tirage suffisant ; nous avons reconnu, d'ailleurs, que cette diminution de poids ne diminue pas le tirage dans les boîtes à fumée et à feu, en observant sensiblement les mêmes vides au manomètre à colonne d'eau et pour une même pression à l'échappement, la consommation de combustible est demeurée la même. Il faut, d'ailleurs, remarquer que le rapport entre la pression à l'échappement et le vide dans la boîte à fumée est pour les grands tirages :: + $5^{m}000$: — $0^{m}130$ ou :: + 38 : — 1 ; avec un tel écart, il n'est pas surprenant qu'un quart ou un cinquième de vapeur en plus ou en moins n'ait aucun effet sur le tirage ou vide dans les boîtes à fumée et à feu. En service, il a été constaté que, pour une même dépense d'eau et de combustible, l'alimentation à l'eau chaude nous donnait une notable augmentation de puissance, surtout dans les longues rampes, sur lesquelles il faut alimenter d'une façon continue ; on a remarqué aussi qu'il faut moins serrer l'échappement et que l'alimentation fait moins tomber la pression. Ainsi, sur la rampe d'Étampes, pour une même consommation, une augmentation de vitesse de 4 *km* sur 16 *km* a été obtenue, grâce à une pression plus élevée de 1 à 2 *kg*.

§ 6. — Épuration de la vapeur de réchauffage.

(Pl. 8, fig. 12 et 15.)

La vapeur, avons-nous dit, doit être purgée des matières grasses de la lubrification. A cet effet, nous la faisons passer dans un appareil dit dégraisseur, qui est formé d'un cylindre ayant trois à quatre fois le diamètre du tuyau d'amenée de vapeur ; celui-ci est un peu contracté à son débouché, qui se termine en dents de scie faisant égouttoir, afin que les globules d'eau grasse viennent

s'amasser sous les pointes et soient lancées de haut en bas dans le double fond de l'appareil; puis la vapeur passe, en cheminant horizontalement à travers une série de quatre grilles cylindriques à barreaux évidés *(demi-circulaire)*, en quinconce, qu'elle choque successivement dans leurs parties creuses; l'eau grasse passe au double fond, où il a repos absolu pour la vapeur; ensuite la vapeur prend un mouvement à 90° et chemine verticalement de bas en haut, avec une vitesse 10 à 15 fois plus petite que celle avec laquelle elle est arrivée dans l'appareil; pour remonter, la vapeur rencontre encore deux larmiers qui retiennent l'eau de condensation due au refroidissement de l'appareil, en la forçant à passer au double fond.

Les eaux grasses de l'épuration de la vapeur nous embarrassaient : nous ne savions où les écouler, lorsque l'idée de les envoyer dans le cendrier nous vint à l'esprit. En effet, on ne saurait mieux les placer, car leur quantité est très notable, 300 *l* (0,300 m^3) par heure, ou 5 *l* à la minute; ces eaux ont été mesurées au moyen d'un tuyau en caoutchouc les conduisant dans un récipient spécial placé sur la plate-forme.

Ces eaux grasses, en tombant dans le cendrier, sont chassées par le vent jusqu'au fond, elles mouillent les cendres, éteignent les escarbilles qui tombent rouges et rafraîchissent les barreaux de grilles; c'est le meilleur moyen de conserver ceux-ci, car alors les barreaux ne sont plus entre deux feux, le fond du cendrier étant toujours abondamment mouillé, parce qu'il reçoit beaucoup plus d'eau qu'il n'en peut évaporer; l'excès d'eau coule sur la voie dès que la machine est en marche.

§ 7. — Appareil de sûreté du réchauffeur.

Le plus grand inconvénient possible du système était l'arrêt de la pompe à eau chaude et, par suite de l'élévation du niveau dans le réchauffeur, l'introduction de l'eau dans les cylindres de la locomotive, le dôme du réchauffeur aurait pu lui-même être défoncé par les coups de pompe à eau froide, l'eau chaude n'en étant plus extraite; mais, ainsi qu'on peut le voir sur le dessin, la vapeur, pour pénétrer du dégraisseur dans le réchauffeur, est obligée de soulever un clapet en bronze, s'ouvrant du dehors en dedans *(Pl. 8, fig. 12)*; par suite, l'introduction de l'eau dans les cylindres est impossible, si la pompe à eau chaude cesse de fonctionner; le

réchauffeur se remplit d'eau et le clapet se ferme; mais, alors, une soupape de sûreté qui surmonte le fond supérieur sphérique du réchauffeur se lève et laisse un libre passage à l'eau sous la pression du refoulement de la pompe d'eau froide *(Pl. 8, fig. 11, 12 et 19)*.

Ces soupape et clapet de sûreté ont toujours bien fonctionné sur 17 locomotives du chemin de fer d'Orléans, sans que depuis le 13 juin 1881, on ait eu le moindre accident à signaler.

Évent.

Lorsque l'on chauffe l'eau à la température de 100°, sous la pression 760, elle dégage 7 0/0 d'air dissous, qui à 100° occupe un volume de 10 à 11 0/0 en moyenne, de sorte que par 10 *l* d'eau injectée au réchauffeur, il faut évacuer 1 *l* d'air, sans quoi au bout de quelques minutes de marche, le réchauffeur serait plein d'air et la vapeur ne pourrait plus y affluer, l'eau en sortirait aussi froide qu'elle y serait entrée. Pour évacuer continuellement l'air du réchauffeur, nous avons percé d'un trou de 8 *mm* de diamètre faisant évent la soupape de sûreté, mais cette soupape en bronze est fondue avec un siège pour un clapet sphérique en ébonite de 12 *mm* de diamètre, ne donnant lieu qu'à une charge de 7 *mm* d'eau, pour laisser libre passage à l'air avec un petit excès de vapeur. Cette sphère en ébonite est logée dans une petite chapelle, à quatre évents, vissée sur la soupape de sûreté. *(Pl. 8, fig. 19.)*

La nécessité d'avoir recours au petit clapet sphérique en ébonite nous a été démontrée par un mauvais réchauffage, alors que l'air pouvait être aspiré dans le réchauffeur par une légère dépression due à un appel de condensation inférieur à la pression de la vapeur à l'échappement, c'est-à-dire quand l'échappement variable est ouvert en grand et quand on marche à petite vitesse avec de très faibles admissions. Sans le clapet en ébonite, l'air rentre en partie dans le réchauffeur et la température de l'eau d'alimentation de 97 à 101° tombe à 50 et 60°; au contraire, avec le clapet en ébonite, l'air ne pouvant plus pénétrer dans le réchauffeur, c'est une plus grande quantité de vapeur qui y est aspirée et la température de l'eau d'alimentation ne tombe pas à son arrivée à la chaudière au-dessous de 94°.

Siphon.

Pl. 8, fig. 7, Z.

Plus haut, nous avons fait remarquer tous les avantages de l'arrosage du cendrier avec les eaux grasses évacuées par le dégraisseur, mais au début de nos essais, en 1881 et 1882, nous remarquions que plus la vitesse était grande, moins la température de l'eau était élevée au réchauffeur, avec l'échappement détendu; enfin, qu'à grande vitesse avec les machines à voyageurs, il n'y avait aucun réchauffage, l'eau sortait du réchauffeur presque à la même température qu'elle y était entrée, des essais manométriques nous firent voir que, dans ce cas, la pression du vent dans le cendrier *(où vient déboucher le tuyau d'évacuation d'eau grasse du dégraisseur)* était très souvent supérieure à la pression de la vapeur d'échappement, alors une partie de l'air affluant sous la grille à la pression de 0,050 d'eau arrivait dans le dégraisseur. La vapeur ne pouvait donc plus se rendre au réchauffeur.

Pour faire disparaître cette introduction intempestive de l'air, nous avons recourbé le tuyau d'évacuation d'eau grasse, de façon à avoir un siphon de 0,400 *m* de hauteur avec évent assurant toujours une garde ou colonne d'ean de 0,380 *m* au minimum. Comme la pression de l'air ne dépasse jamais, avec les vents debout les plus violents, celle de 0,300 *m* de colonne d'eau, nous avons eu, à partir du jour où nous avons placé les siphons, l'assurance de ne plus jamais voir l'air pénétrer dans les réchauffeurs, et aussi, à partir de ce jour, l'eau d'alimentation a-t-elle toujours été chauffée régulièrement, à une température moyenne qui peut être évaluée à 97° à son entrée dans la chaudière.

Les tableaux joints à la fin de ce mémoire donnent les résultats pratiques obtenus à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. *(Voir annexe C.)*

CHAPITRE III

§ 8. — De la circulation de la vapeur autour des cylindres.

Pl. 8, fig. 16, 17 et 18, et Pl. 9, fig. 31, 32, 33 et 34.

Le réchauffage des cylindres par le calorique pris directement à la chaudière a donné lieu à de nombreuses recherches et, à l'origine, on faisait circuler la vapeur autour des cylindres et de

leurs fonds, avant de l'introduire dans les boîtes à tiroirs de distribution. Les partisans de cette disposition prétendaient réchauffer les cylindres pour empêcher la condensation intérieure; les adversaires de ces idées répondaient qu'en voulant réchauffer ainsi les cylindres, on produisait de la condensation dans les enveloppes et que l'eau chaude en résultant passait ensuite en partie dans les cylindres moteurs; il était donc sans intérêt de ne pas laisser cette eau chaude se former intérieurement, il y avait au contraire avantage à ne pas compliquer les machines en appliquant des enveloppes, puisque le résultat était le même ou à peu près.

La vérité est que l'enveloppe avec introduction de la vapeur contenant l'eau entraînée *(à laquelle s'ajoute celle due à la condensation dans l'enveloppe)* dans le cylindre n'est que d'une faible utilité, mais cependant on en trouve une, qui est celle d'éviter en partie la condensation adhérente intérieure.

En effet, si des cylindres sont sans enveloppe, le métal prend une température que nous supposons être une moyenne entre les températures d'échappement et d'admission, soit, pour les locomotives, $\frac{106^{\circ} + 180^{\circ}}{2} = 143^{\circ}$, nous admettons que les cylindres soient bien recouverts de corps isolants; alors, pendant l'admission à 9, 10 ou 11 *kg*, il y a condensation sur les parois intérieures à la façon de la rosée, cette condensation adhérente cesse de se déposer quand, par la détente, la pression est tombée à 3 ou 4 *kg* correspondant à une température voisine de 143°. A partir de ce moment, le métal restitue du calorique et l'eau condensée se vaporise, surtout pendant la période d'échappement; dans le cas des grandes détentes, la température du métal tombe très probablement au-dessous de 143°, chiffre auquel nous nous sommes arrêtés pour fixer les idées.

Si les mêmes cylindres étaient à enveloppes de vapeur, ils conserveraient la température de la chaudière et il n'y aurait pas d'autre condensation que :

1° Celle due à l'entraînement;

2° Celle due à la circulation dans l'enveloppe;

3° Celle due au travail même de la vapeur.

Car il ne se formerait pas sensiblement de rosée sur les parois qui seraient à la même température que la vapeur et même à une température supérieure de 1 à 2 degrés. Il n'y aurait donc pas de condensation adhérente. Or, avec les machines sans condensation,

à grande vitesse, à faible détente, avec des pressions moyennes ne dépassant pas 6 à 7 *kg*, la quantité d'eau condensée sur les parois intérieures des cylindres, comparée aux trois autres sources de condensation spécifiées ci-dessus, est tellement petite qu'il est bien difficile en pratique industrielle de la chiffrer; on peut donc considérer comme inutile l'enveloppe de ces cylindres, mais on doit reconnaître que pour les machines à condensation et à grande détente, l'enveloppe dans les conditions ci-dessus est d'une notable utilité.

Certains inventeurs ont pensé à purger les enveloppes d'une façon continue, au moyen de divers appareils dits purgeurs automatiques, mais généralement la marche de ces appareils est des plus incertaines, et l'eau chaude qu'ils évacuent à la température de la chaudière est la cause d'une perte considérable de calorique, car souvent avec cette eau passe une notable quantité de vapeur, ce qui fait qu'en pratique on considère la purge continue des enveloppes comme une cause de perte plus grande que le gain dû au réchauffage des cylindres, en d'autres termes, plus nuisible qu'utile.

D'autres inventeurs ont fait la purge continue au moyen d'une petite pompe spéciale *(du type des pompes alimentaires)* en refoulant continuellement l'eau chaude de purge dans la chaudière et à la température de celle-ci. Il y a bien là une petite amélioration, mais pas un remède radical, attendu que la vapeur qui passe dans l'enveloppe y chemine avec une trop grande vitesse pour déposer les gouttelettes d'eau chaude qu'elle transporte; bien plus, elle balaye et chasse aux cylindres les globules de condensation qui se forment sur les parois extérieures de ceux-ci, de sorte que l'extraction faite par la pompe de purge ne représente qu'une partie très minime de l'eau que transporte la vapeur.

Enfin, d'autres encore ont pensé à la circulation indépendante avec extraction continue, au moyen de la pompe de purge comme ci-dessus et avec retour à la chaudière; dans ce cas, la vapeur motrice passe directement aux cylindres, et un tuyau de petit diamètre amène de la vapeur vive sous la pression de la chaudière dans les enveloppes; comme il n'y a pas de perte de charge sensible dans celles-ci, la pression est de 1/2 *kg* et la température de 3 à 4 degrés supérieure aux températures des pressions à l'introduction; ici, les enveloppes deviennent de véritables vaporisateurs, comme tous les appareils de sucreries, distilleries, etc.; malheureusement, leur effet utile peut être annulé parce que la vapeur

apporte avec elle de l'air qui, au bout de cinq à six minutes de marche, peut remplir les enveloppes; alors, la circulation cesse, celles-ci sont paralysées et rendues inutiles parce qu'elles sont remplies de l'air atmosphérique, dissous par l'eau, qui a été mis en liberté par l'ébullition.

§ 9.

Dans des études et recherches faites en collaboration avec MM. les Ingénieurs de la Compagnie d'Orléans, nous avons voulu avoir des enveloppes très actives et combiner les avantages de la circulation et du réchauffage au moyen des dispositions indiquées sur le dessin *(annexe C)*. Notre premier projet était conçu d'après les conditions ci-après :

1° La circulation était complètement indépendante.

2° L'introduction de la vapeur dans les enveloppes avait lieu au moyen d'un petit tiroir régulateur *(pl. 9, fig. 35, 36 et 37)*, ouvert avant celui qui donne la vapeur aux cylindres et disposé de telle façon que dès qu'il y avait mouvement, les enveloppes se trouvaient sous la pression de la chaudière, quels que soient les étranglements et pertes de charge que la vapeur pourrait subir pour passer de la chaudière dans les cylindres; on était sûr aussi d'avoir toujours la fonte des cylindres à 3, 5 et même 10 degrés de température au-dessus de celle que la vapeur peut avoir dès qu'elle commence à agir sur les pistons.

3° La purge se rendait dans l'un des corps d'une pompe à plongeurs et à double effet *(fig. 8, page 61)*, pour de là se rendre dans la chaudière par un éjecteur condenseur *(pl. 8, fig. 28 à 30)*.

4° La pompe alimentaire refoulant de l'eau à 94, 96 et 98 degrés, prise au réchauffeur, rencontrait l'eau chaude de purge à une température voisine de 180 degrés dans les pavillons de l'éjecteur, la purge se trouvant sensiblement à la même pression que la chaudière dans l'éjecteur, avec l'eau d'alimentation à 96 degrés, le mélange se trouvait vigoureusement refoulé par la pompe alimentaire à une vitesse de 10 *m* par seconde, il y avait donc de ce fait une aspiration énergique: en d'autres termes, l'éjecteur était un Injecteur Giffard alimenté d'eau à 96 degrés d'une part et d'eau et de vapeur à 180 degrés d'autre part, forcées au besoin par des pompes et dont le travail devait être nul ou très peu considérable en marche normale.

5° Un piston régulateur *(fig. 8, page 61)*, commun aux deux pompes, alimentaire et de purge, tout en les laissant à simple

effet d'aspiration, les mettait à double effet de refoulement, car la pompe alimentaire refoulait dans l'éjecteur, et aussi sur le piston régulateur, celui-ci repoussé refoulait aussi dans l'éjecteur où les deux courants s'aspiraient mutuellement; le volume engendré par le piston régulateur était moitié de celui engendré par le piston de la pompe alimentaire, donc seulement la moitié du refoulement de celle-ci passait à l'éjecteur et de là au rabat d'eau *(pl. 8, fig. 26 et 27)*, placé dans la chaudière. Mais quand le piston de la pompe alimentaire aspirant celui de la pompe de purge refoulait un mélange d'eau et de vapeur, qui repoussait à son tour le piston régulateur et lui faisait restituer la moitié du refoulement primitif qu'il a absorbé, c'était donc le mouvement alternatif du piston régulateur qui produisait le double effet dans chacun des tuyaux de refoulement des pompes de purge et alimentaires. Cette disposition a dû être adoptée, à la suite d'une précédente disposition où le mélange des eaux de purge et d'alimentation se faisait sur les pompes où se trouvait monté l'éjecteur, le tuyau commun de refoulement qui conduisait le mélange dudit éjecteur à la chaudière s'entartrait très rapidement. La nouvelle disposition que nous avons installée sur cinq locomotives n'a donné lieu à aucune incrustation. Le rabat d'eau *(fig. 26)*, en forçant les sels incrustants à cheminer le long du corps cylindrique au moment de leur formation, s'oppose parfaitement bien aux dépôts de tartre sur les tubes vaporisateurs. A 180 degrés lesdits sels sont insolubles et s'écoulent sans adhérer, à l'état boueux, et sans production de tartre sur les tubes.

6° Ces enveloppes devaient être fondues en fonte douce recuite et porter des glaces rapportées en fonte dure trempée pour les tiroirs de distribution.

Ce programme, pour diverses raisons, fut modifié, en vue de le simplifier :

1° La circulation complétement indépendante fut ajournée, afin de n'avoir qu'un seul tuyau d'amenée de vapeur sur les cylindres, et on fit les prises de vapeur pour la circulation dans les enveloppes, dans les boîtes à tiroirs de distribution. *(Pl. 8, fig. 18.)*

2° Pour éviter de rapporter des glaces en fonte trempée, on fit les enveloppes en fonte très dure, comme pour tous les autres cylindres de la Compagnie d'Orléans.

Cette modification aux prévisions premières a été très préjudiciable à l'expérimentation, car les cylindres se sont tous fendus sans exception, en laissant la vapeur fuir de tous les côtés, et

c'est avec beaucoup de peine que nous avons pu faire des essais comparatifs.

D'un autre côté, il y a lieu de faire les remarques suivantes. Pendant la marche avec le régulateur ouvert en grand, on ne constatait dans les pompes, sur les clapets de refoulement, que des pressions variant entre — 0,5 *kg* et + 0,5 *kg* au-dessous et au-dessus de celle de la chaudière ; cela était parfait, car on n'entendait même plus le moindre bruit du battement des clapets ; mais il n'en était plus de même quand on fermait partiellement le régulateur de prise de vapeur à la chaudière, car, si, par exemple, la pression était à 10 *kg* dans la chaudière et seulement à 5 *kg* dans les boîtes à tiroirs, soit également à 5 *kg* dans les enveloppes, la pompe de purge cessait de fonctionner régulièrement, elle comprimait la vapeur sans pouvoir soulever le clapet de refoulement, et le corps de pompe recevait de l'eau chaude à 5 *kg* et à 158 degrés ; au bout de huit à dix coups de piston, se trouvant bien plein, il se produisait un formidable coup de piston faisant marteau d'eau par suite de l'inertie du clapet de refoulement et de la colonne d'eau, qui le surmontait sous la pression de la chaudière. A la vitesse de 75 à 85 *km* à l'heure, les coups de marteau d'eau donnaient des pressions de 75, 85, 100, 120 et même 130 atmosphères mesurées au manomètre spécial pour presse hydraulique.

Sous de pareils chocs, il est impossible de tenir les joints, et les tuyaux de refoulement, quoique renforcés, se sont crevés.

Dans nos essais nous avons constaté que l'intensité des chocs est proportionnelle au carré des vitesses, plus à la pression dans la chaudière, c'est-à-dire que, pour une même vitesse à 10 *kg* de pression à la chaudière, l'intensité des chocs est double de ce qu'elle est à 5 *kg*.

Comme conclusion, nous dirons que l'essai fait sur dix locomotives, au Chemin de fer d'Orléans, a démontré :

1° Qu'avec des fontes dures il est impossible de faire tenir une enveloppe de cylindre.

2° Qu'avec des abaissements de pressions au-dessous de celle de la chaudière, il est aussi impossible d'assurer pratiquement le service des pompes alimentaires et de purge, qui se brisent ou brisent les joints et les tuyaux.

§ 10.

S'ensuit-il que cet essai puisse faire condamner l'usage des enveloppes pour les locomotives? Nous ne le croyons pas, et voici pourquoi :

Les diagrammes ont nettement accusé, pour une même introduction, une augmentation de travail ; la courbe est relevée notablement vers la fin de la course, et l'augmentation de surface de diagramme a été de 2,75 0/0 sur une machine, et de 3,50 0/0 sur une autre, pour des introductions moyennes à 20 0/0.

L'économie d'eau dépensée entre Paris et Orléans et *vice versa* pour un même travail, dans les mêmes conditions de charge avec un même nombre de voitures et pour des conditions atmosphériques identiques, a toujours été de 5 0/0. Cette eau a été retrogradée à la chaudière à la température de 180 degrés. Donc l'économie de calorique a été de $\frac{180^{o} - 15^{o}}{660 - 15} = 25$ 0/0 par kilogramme d'eau de condensation, 15° étant la température de l'eau au tender; mais comme nous n'avons que 0,05 d'eau rétrogradée, l'économie réelle se réduit à $0{,}25 \times 0{,}05 = 1{,}25$ 0/0.

La pression dans tous nos essais a varié entre 9 et 10,500 *kg*.

Or, dans des essais faits au frein sur une machine fixe à enveloppe de vapeur et sans condensation, nous avons obtenu une économie de 5 0/0 de combustible avec une pression de 6 *kg*, une admission à 20 0/0 et avec une distribution à détente Farcot. Il est donc probable que si on avait pu compter exactement la dépense de combustible sur les locomotives d'Orléans, on aurait trouvé une économie de $\left(\frac{2{,}75 + 3{,}50}{2}\right) + 1{,}25 = 4{,}37$ 0/0.

Enfin, nous ferons remarquer qu'avec M. de Quillacq, sur les machines Sulzer de la Ville de Paris, nous avons obtenu en eau montée le cheval-vapeur heure avec une dépense de 1,030 *kg* de houille à 6 0/0 de cendre, soit avec une économie bien constatée de $\frac{1}{12}$ ou de 8 0/0 sur la marche même avec circulation, mais sans l'extraction continue au moyen de la pompe à double effet que nous venons de faire connaître plus haut.

Ces machines de la ville de Paris marchent sous pression de 5 à 5,5 *kg* avec admission moyenne au $\frac{1}{10}$; bien entendu, comme toutes les machines de ce type, elle sont à condensation.

Dans ces derniers essais, on pouvait à volonté avec la même machine *(afin de la comparer à elle-même)*, marcher facultativement avec ou sans circulation de vapeur dans les enveloppes, au moyen d'un jeu de robinets disposés à cet effet. La totalité de la vapeur traversant l'enveloppe se rendait dans les boîtes à clapets de distribution.

On est donc en droit de supposer, qu'avec la nouvelle distribution de la Compagnie d'Orléans, *(que nous ferons connaître plus loin, qui permet l'emploi de très hautes pressions et des détentes très prolongées)* que l'enveloppe de vapeur avec circulation active, avec extraction continue et complètement indépendante, pourrait réaliser en bonne pratique industrielle, sur les locomotives, une notable économie ou une augmentation de puissance correspondante.

Avant de terminer ce chapitre, nous ferons remarquer qu'au moyen de l'éjecteur placé sur la chaudière *(Pl. 8, fig. 28, 29 et 30)*, l'eau à 96 degrés est portée brusquement à 180 degrés et 183 degrés; elle absorbe donc un courant de purge $180 - 96 = 84$ calories par kilogramme d'eau d'alimentation; or, 84 calories sur 645 représentent donc $\frac{84}{645} = 13\ 0/0$, donc 13 0/0 du volume total de la vapeur produite par la chaudière traversent les enveloppes à grande vitesse, pour être retournés à ladite chaudière sans aucune déperdition. Ce volume considérable balaye par sa grande vitesse, dans les enveloppes, toute l'eau et tout l'air qui, sans cela, pourraient s'y accumuler; c'est pour ceci qu'au Chemin de fer d'Orléans on appelle les anciennes enveloppes, enveloppes dormantes ou inactives, et les nouvelles, enveloppes actives.

Enfin, les expériences de la Compagne d'Orléans (1) ont bien nettement démontré que les pompes à eau chaude bien construites peuvent fonctionner jusqu'à vitesse de 220 tours de roues par minute, soit de 80 *km* à l'heure. A cette vitesse, la pompe alimentaire à eau chaude à 94, 96, 98 degrés a encore une marche assurée; mais, pour peu que l'on serre l'échappement et que la température monte à 102 degrés, elle lâche et l'alimentation cesse. Or, comme souvent les nécessités du service font qu'il faut dépasser la vitesse de 80 *km*, M. Ernest Polonceau, Ingénieur en chef, a décidé de supprimer l'alimentation à l'eau chaude pour les machines à voyageurs, mais de la conserver et de lui donner de l'extension pour

(1) Voir, pour les détails, l'annexe C.

les machines à marchandises, où les pompes ont toujours donné de bons résultats.

Donc, on pourrait espérer réaliser sur les machines locomotives l'économie ou l'augmentation de puissance de 16 0/0 au moins, dont :

12 0/0 par l'alimentation à l'eau chaude,

Et 4 0/0 par la circulation de la vapeur dans des enveloppes actives, mais il faudrait, pour cela, établir la circulation complètement indépendante, des enveloppes en fonte douce recuite, des glaces en fonte trempée rapportées et un système de pompes spéciales indépendantes du mouvement de la locomotive, soit des pompes à vapeur à action directe, pouvant faire l'alimentation maxima sans dépasser la vitesse de 180 à 200 coups de piston par minute. Malheureusement, les locomotives sont déjà devenues si compliquées qu'on recule devant des complications nouvelles ; et généralement les frottements ou l'entretien des organes ajoutés absorbent le plus clair du bénéfice espéré ; mais il faut bien dire cependant que, sans complication, il n'est pas possible de produire de résultats économiques, et il y a lieu de se demander, en présence des recherches actuelles faites avec les machines compound à 3 et à 4 cylindres, s'il ne serait pas préférable de suivre d'abord la voie que nous venons d'indiquer et celle que nous essaierons dans les chapitres qui suivent.

CHAPITRE IV

§ 11. — De la siccité de la vapeur dans les boîtes à tiroir de distribution.

On trouve dans tous les ouvrages spéciaux des tables donnant les vitesses d'écoulement de la vapeur sous diverses tensions et densités, s'échappant soit d'un milieu à une pression P, dans un autre milieu à une pression p, soit dans l'atmosphère ou dans le vide.

Si la vapeur se comportait comme un gaz, les indications données par ces tables lui seraient applicables, et elles permettraient de déterminer pour une faible perte de charge de 0,1 *kg* à 0,3 *kg*, par exemple, les orifices d'introduction, pour faire passer la vapeur de la chaudière dans les cylindres avec le minimum de perte de pression. En ayant, par exemple, 10 *kg* à la chaudière, on

pourrait avoir 9,7 *kg* sur les pistons dans les cylindres avant la détente, c'est-à-dire pendant toute la période d'introduction et à la vitesse de 90 *km*. Mais, dans la pratique usuelle, les choses ne se passent pas ainsi : la vapeur réputée sèche renferme 10 0/0 d'eau à l'état vésiculaire *(brouillard)*; d'ordinaire elle en contient 15 0/0, et celle des chaudières à production très active *(pour locomotives, bateaux à vapeur, etc.)* en renferme souvent entre 20 et 25 0/0, en bonne marche normale ; de sorte que ce n'est pas l'écoulement d'un gaz qu'il faut considérer, mais bien celui d'un mélange d'eau et de gaz (vapeur).

Sous la pression de 12 *kg*, qui est celle à laquelle on marche aujourd'hui, pour une perte de charge (à l'introduction au tiroir ou distributeur) seulement de 0,2 *kg*, la vitesse d'écoulement de la vapeur sèche serait de 80 *m* par seconde ; mais si, sous cette pression, on écoulait de l'eau, la vitesse ne serait plus que de 6,25 *m*, donc la vitesse réelle de la vapeur chargée de brouillard, entre 15 et 20 0/0, doit être considérablement réduite ; malheureusement, jusqu'ici, aucune détermination précise n'a été faite. Si on considère que la réduction de vitesse est proportionnelle à la quantité d'eau transportée par la vapeur, on peut admettre que la vitesse réelle doit être de 60 *m* par seconde environ ; mais, pour avoir la vitesse réelle, il faut encore tenir compte de celle que la vapeur a dans les tuyaux, pour passer du dôme de prise de vapeur dans les boîtes de distribution ; il y a encore de ce fait une perte de charge égale à la première et que nous avons estimée 0,2 *kg*, à laquelle perte il faut ajouter celle due au frottement dans les tuyaux de conduite, qui peut être évaluée à 0,3 *kg*. De sorte qu'au total, la somme des pertes de charge peut être évaluée à 0,7 *kg*. Avec les grandes admissions, soit avec les faibles détentes, la perte de charge totale varie *(suivant une foule de circonstances pratiques qui ne sauraient trouver place ici)*, entre 0,5 *kg* et 0,8 *kg*; mais avec les faibles introductions au 1/8, au 1/9 et au 1/10, la perte de charge atteint jusqu'à 2 *kg*, et même plus ; cela est, du reste, facile à comprendre : si l'introduction ne se fait que pendant 1/9 de la course des pistons, pendant les 8/9 du temps, il n'y a plus d'autre mouvement que celui qui tend à ramener les capacités des boîtes à tiroir à la pression de la chaudière ; sur les tables de distribution, le repos est absolu, une notable quantité d'eau s'y dépose, surtout si les cylindres sont sans chemise de vapeur, car les tables donnent lieu à la condensation adhérente, surtout par suite du contact des lumières avec la vapeur d'échappement ; il

en est de même pour les tiroirs ou distributeurs, et quand, avec une nouvelle course, commence une nouvelle introduction, les bords des orifices d'introduction étant mouillés, c'est d'abord une purge des boîtes dans les cylindres qui se produit ; puis, après l'introduction d'un mélange d'eau chaude et de vapeur, qui est loin de pénétrer dans les cylindres à la vitesse de 60 *m* par seconde qu'arbitrairement nous nous sommes donnée plus haut. Or, quand une machine est lancée à 80 *km* à l'heure, les pistons ont dans les cylindres une vitesse moyenne de 4,33 *m* par seconde, et ces pistons ayant une surface 20 fois environ plus grande que la section de débit des orifices, il s'ensuit que le premier dixième de la course ayant été parcouru à la vitesse moyenne de 3,3 *m* environ, la vitesse dans les orifices d'introduction devrait être de 3,3 *m* $\times$ 20 = 66 *m*, et encore, si les lumières étaient ouvertes en grand avec une perte de charge de 0,125 *kg* ; mais comme elles ne le sont qu'au quart pour l'introduction au 1/10, la vitesse devrait donc être en réalité de 264 *m* par seconde. De là, une perte de charge 16 fois plus considérable, soit de 0,125 *kg* $\times$ 16 = 2 *kg*, que l'on observe souvent aux vitesses de 80, 85 et 90 *km* à l'heure.

Comme les orifices *(lumières des tables)* sont déjà beaucoup trop considérables, ainsi que la surface des tiroirs, on ne peut donc songer à les augmenter encore. Les seuls moyens que l'on puisse pratiquement employer sont : 1° l'augmentation du timbre de 1, 1,5 à 2 *kg* au-dessus de la pression normale à laquelle on veut faire fonctionner les locomotives ; or, comme la pression de 12 *kg* est celle qui permet d'obtenir de la vapeur, sans condensation, le maximum d'effet utile, il faut faire timbrer entre 14 *kg* et 14,5 *kg* les chaudières (1) ; 2° le séchage de la vapeur au moyen du sécheur à choc (2) qui retient une grande partie de l'eau de crachement et la retourne à la chaudière ; 3° la circulation indépendante, en faisant passer le crachement dans les enveloppes pour le retourner à la chaudière au moyen de nos appareils d'alimentation ; 4° l'emploi de grandes boîtes à tiroirs ou à distributeurs faisant réservoirs régulateurs pour la vapeur venant de la chaudière ; 5° l'emploi de tuyaux de conduite de vapeur à l'introduction où la vitesse maxima ne puisse dépasser 50 *m* par seconde ;

(1) On doit faire observer, en passant, que l'emploi des très hautes pressions exige un très bon graissage au moyen d'appareils perfectionnés et manœuvrables à la main du machiniste, et rendra sans doute très utile l'application de tiroirs équilibrés autant que possible.

(2) Cet appareil peut être construit comme le dégraisseur *(Pl. 8, fig. 12, j i)*, mais placé dans le dôme de prise de vapeur.

6° l'emploi de régulateurs d'admission équilibrés à grandes ouvertures, raccordés par des évasements, pour diminuer les pertes de charges ne donnant lieu, dans leurs parties les plus rétrécies, qu'à la vitesse maxima d'écoulement de 45 à 50 *m* par seconde.

§ 12.

Quant à la perte de charge de 14 à 12 *kg*, soit de 2 *kg* au maximum, elle n'est pas la cause d'une grande perte de calorique, car le calorique total de formation de 1 *kg* de vapeur à 14 *kg* est de 667 calories et à 12 *kg* de 665, la perte n'est donc que de 2 calories sur 665, soit de $\frac{1}{332}$; les températures sont aussi très voisines l'une de l'autre.

La perte de calorique due au crachement est beaucoup plus grande et c'est l'énorme perte due au primage qui a toujours tant préoccupé M. Lechatellier dans ses nombreuses expériences : en effet, si on engendre la vapeur sous la pression de 12 *kg* à 191 degrés, l'eau étant au tender à 10 degrés, la perte pour 1 *kg* de crachement est de 181 calories, si le crachement est minimum à 15 0/0 la perte par kilogramme de vapeur est de :

$$181^{cal} \times 0{,}15 = 27 \text{ calories},$$

et la perte rapportée au calorique total de formation de la vapeur *ou perte réelle* est de :

$$\frac{27^{cal}}{665^{cal} - 18^{cal}} = 4\ 0/0.$$

On voit donc ici qu'il est possible de sécher la vapeur au point de ne plus lui laisser que 5 0/0 d'humidité au lieu de 15 à 20 0/0 et d'avoir dans les enveloppes une surchauffe de 197 degrés — 191° = 6 degrés ; on augmenterait notablement le rendement de la vapeur en permettant la marche à grande détente, surtout avec la nouvelle distribution que nous ferons connaître plus loin.

§ 13.

Dernièrement, M. Ernest Polonceau, ingénieur en chef, a imaginé un moyen radical pour sécher la vapeur. *(Pl. 9, fig. 38, 39 et 40.)* Par cet ingénieux moyen, le résultat obtenu est double,

il y a à la fois augmentation de puissance de la machine et diminution de la quantité d'eau entraînée.

1° La vapeur est engendrée à 16 *kg* pour être utilisée à 10, 11 ou 12 *kg*, au moyen du détendeur. En tombant de 16 à 10 *kg*, chaque kilo ou litre d'eau met en liberté 669 — 663 = 6 calories environ. Comme les chaudières de la Compagnie d'Orléans renferment 3 750 *kg* d'eau, c'est donc 3 750 *kg* $\times$ 6^{cal} = 22 500 calories dont on peut disposer instantanément, si certaine nécessité du service le réclame ; cette accumulation a pour équivalent la production additionnelle de :

$$\frac{37\,500^{cal}}{663^{cal} - 183^{cal}} = 46\ kg \text{ de vapeur}$$

qui peut permettre de donner un coup de collier dans les rampes sans être obligé de serrer l'échappement.

2° La vapeur détendue est retournée dans la chaudière au moyen de 7 tubes de 0,050 *m* de diamètre intérieur faisant sécheur, la différence de température étant de 10 degrés, la vapeur détendue aura donc son brouillard vaporisé, si l'étendue de la surface de chauffe est suffisante. Dans le cas prévu pour un premier essai elle a 2 *m*^{2}, donc on pourra vaporiser d'après les expériences de Clément Desormes.

2 *m*^{2} $\times$ 10 *kg* $\times$ 10° = 200 *kg* d'eau chaude par heure, c'est le 1/5 du crachement à 15 0/0 pour une production de 7 000 *kg* par heure. Si on donnait au sécheur 10 *m*^{2} au lieu de 2 *m*^{2}, ce qui n'a rien d'impossible, on pourrait arriver à la vapeur sèche et peut-être trop sèche ; donc pour ne maintenir dans la vapeur que 3 ou à 4 0/0 d'eau de crachement, 6 à 7 *m*^{2} du sécheur de M. Ernest Polonceau suffiraient.

On pourrait encore trouver un autre avantage en marchant avec une chute de pression de 3 à 5 *kg*, car si on avait des machines à enveloppes de circulation de vapeur, on pourrait maintenir les cylindres à une température notablement supérieure à celle à laquelle ils reçoivent la vapeur, ce qui augmenterait considérablement la puissance vaporisatrice des enveloppes en relevant la courbe des pressions *(vers l'échappement)* et en permettant d'aborder les grandes détentes sans condensation sur les surfaces des cylindres.

§ 14.

Comme il est facile de le voir, les seules économies pratiquement réalisables sur l'emploi de la vapeur sont celles qui utilisent une fraction du *calorique latent*. Quant à la vapeur surchauffée, il est inutile d'en parler, car aujourd'hui tout le monde sait qu'elle a toutes les qualités théoriques et que malheureusement elle a par contre tous les défauts pratiques; les surchauffeurs sont lourds et encombrants, leur rendement ou effet utile est peu considérable, si on les met à la suite des chaudières, pour ne recevoir que des gaz brûlés *(fumée)*, à 400 degrés environ. Leur durée n'est que de quelques jours s'ils sont fortement chauffés, et ils sont bien vite rongés par l'oxydation intérieure et extérieure. Quant aux effets de la vapeur surchauffée sur le moteur *(la machine à vapeur)*, ils sont désastreux, les joints sont très difficiles à tenir, les organes de distribution grippent, les presse-étoupes sont brûlés, s'ils sont métalliques, l'alliage est altéré et les tiges en acier sont faussées, grippées et rayées, car le graissage est devenu impossible, les graisses végétales et animales sont décomposées en gaz et coke *(cambouis dur)*, et les graisses minérales sont volatilisées; de sorte que de toutes parts il n'y a plus que des fuites de vapeur tellement considérables qu'en quelques jours il faut arrêter, la marche étant devenue impossible, la machine réclamant une grande réparation de remise à neuf, en commençant par le réalésage du cylindre. Donc si l'emploi de la vapeur sèche est à rechercher, celui de la vapeur surchauffée doit être écarté comme étant complètement irréalisable en pratique industrielle, du moins quant à présent. *(Voir à l'annexe de la description du détendeur automatique de vapeur.)*

CHAPITRE V

§ 15. — De la distribution dans les machines à grande vitesse et à changement de marche.

Dans les chapitres qui précèdent, nous nous sommes occupés des dispositions qui ont été essayées en vue d'améliorer le rendement de la vapeur sans rien changer aux phases de la distribution. Dans ce chapitre nous allons parler des améliorations que les machines à changement de marche par coulisse peuvent recevoir au moyen de modifications dans le mécanisme même de

la distribution de vapeur et dans la forme des tiroirs. Pour les machines d'extraction des mines, les machines de bateaux à vapeur et les locomotives, le changement instantané du sens de la marche, les arrêts rapides, les démarrages fréquents, les changements d'allure et la sécurité de la marche ne peuveut être obtenus avec les systèmes de distributions perfectionnés qui conviennent aux machines à faible vitesse, à mouvement uniforme et constant, pendant des journées entières.

Pour les machines à grande vitesse et à changement de marche, la distribution par coulisse paraît, quant à présent, préférable à tous les systèmes par chocs et déclics, car, si par exemple une machine est appelée à faire 300 révolutions par minute, il lui faudrait 600 introductions et 600 échappements par minute, soit 1 200 changements de direction de courants de vapeur; donc pour ces machines à déclics, il y aurait 1 200 chocs par minute, soit $\frac{1200}{60} = 20$ par seconde, ce qui paraît difficile à admettre malgré les résultats satisfaisants qui peuvent être donnés par le mécanisme de la distribution Bonnefond appliquée à une locomotive et qui ont besoin de la consécration de la pratique après un certain nombre d'applications.

La distribution par coulisse et ses dérivés avec tiroirs ou distributeurs intimement liés à son mouvement sans choc ou déclic peut seule, à notre avis, dans ces conditions de vitesse, donner la sécurité absolue que réclament les services publics; aussi la coulisse est-elle devenue dans ce cas le moyen généralement employé.

Mais si la coulisse est parfaite en ce qui concerne la sûreté et la facilité de marche, elle n'est pas sans défauts, au point de vue de l'effet utile de la vapeur, si on compare les résultats qu'elle donne au rendement des autres systèmes de distribution, Meyer, Farcot, Sulzer, Corliss et leurs très nombreux dérivés.

C'est à ce point de vue de l'augmentation de l'effet utile de la vapeur que, sous le patronage et les conseils de M. Ernest Polonceau, nous avons proposé et entrepris les travaux, recherches et essais que nous allons faire connaître.

§ 16.

Si on examine les diverses phases d'une distribution ordinaire avec coulisse et tiroir à coquille ordinaire, on remarque que pour

les fortes admissions, les conditions de la détente sont à peu près satisfaisantes, mais que, pour les introductions reduites de 20, 15 et 10 0/0, limite extrême de grande détente, l'utilisation de la détente se fait mal ; car, si on peut avoir l'avance constante à l'introduction, il n'en est pas de même pour l'échappement, et l'avance à l'échappement, qui est de 10 0/0 pour l'introduction à fond de course à 75 0/0, devient au point mort de 50 0/0 quand l'introduction est réduite à 10 0/0 environ. L'échappement commence donc à moitié course du piston ; si la pression est de 13 *kg* à la chaudière, de 12,5 *kg* dans les boîtes à tiroirs et de 12 *kg* sur les pistons, quand l'introduction cesse au $\frac{1}{10}$, à moitié de course la pression de 11 à 12 *kg* tombe entre 5 et 6 *kg* au moment où l'échappement commence ; on conçoit donc qu'échapper la vapeur sous une pression aussi considérable constitue une très grande perte d'effet utile, surtout pour les machines à marchandises. Pour les machines à très grande vitesse la détente se prolonge même après l'ouverture de l'échappement parce que la vapeur n'a pas le temps de s'échapper quand la lumière n'est encore que peu ouverte, et la perte se trouve ainsi en partie atténuée.

§ 17.

Le remède a été jusqu'à présent dans l'application du système compound; et, en effet, avec des cylindres dont les volumes sont dans le rapport de 1 à 2 ou à 2 1/2, et avec une introduction de 25 0/0 dans chacun des cylindres, on peut arriver à une détente finale de $4 \times 2 = 8$, ou $4 \times 2{,}5 = 10$. Mais cet avantage théorique donne lieu en pratique à de graves inconvénients. En effet, dans l'établissement en compound, il faut supposer un travail moyen pour lequel seul le rendement est maximum et la machine parfaite, c'est ce travail qui sert à déterminer les volumes des cylindres et leur rapport entre eux ; mais si les variations de travail sont considérables, il peut arriver que le petit cylindre marche à pleine introduction et alors le grand cylindre n'est plus suffisant pour détendre la vapeur dans des conditions économiques, il peut arriver aussi que l'admission soit très réduite et alors le petit cylindre fait tout le travail utile et le grand piston se meut dans la vapeur morte. La plus grande partie du travail utile se fait donc d'un seul côté, et les conditions économiques du système n'existent que quand la machine a effectué le travail pour

lequel elle a été construite. Pour les locomotives le travail de traction est la conséquence du profil, de la charge, de la vitesse et éléments de puissance qui varient à tous moments ; donc la locomotive fonctionnant en compound n'est pas toujours dans des conditions lui permettant de réaliser les avantages du système ; d'un autre côté, la vapeur pour passer d'un cylindre dans un autre subit une perte de charge plus ou moins grande ; aussi les surfaces de refroidissement sont plus grandes surtout avec les dispositions à trois ou quatre cylindres. Il faut aussi tenir compte de la complication du mécanisme, de l'entretien et de l'emploi. On voit donc que le bénéfice promis par la prolongation de la détente est loin d'être atteint intégralement.

§ 18.

Plusieurs raisons, outre celle de la prolongation de la détente, militent il est vrai en faveur du compound ; ce sont d'une part, la diminution des fuites et des résistances par les tiroirs et pistons, et d'autre part, une certaine régularisation des efforts dans les différentes phases du cycle ; il ne faut pas cependant en exagérer l'importance, aujourd'hui avec l'emploi du piston à doubles segments faisant joint automatiquement sous la pression de la vapeur, les fuites sont très faibles *(Pl. 10, fig. 100, 101 et 102)*. L'emploi de ces segments a permis de les réduire dans les proportions de 4 à 5 0/0. Quant aux distributions, on les fait équilibrées ou déchargées partiellement, aussi ne donnent-elles pas lieu à plus d'usure que les distributions à basse et à moyenne pressions. L'effort qui en résulte sur les organes du mécanisme n'est donc pas plus grand.

En ce qui concerne la régularité du mouvement, nous dirons que les locomotives sont toutes au moins à quatre roues accouplées, donc à quatre volants, sans compter sur la masse de la machine, de son tender et du train entier, or ces quatre volants ont assez de masse pour régulariser le mouvement d'une machine à grande vitesse et à deux cylindres, donc aucune des raisons ci-dessus ne peut être considérée comme absolue en faveur de l'adoption du système compound pour les locomotives auxquelles il enlève leur plus précieuse qualité, *c'est-à-dire l'élasticité*, en compliquant considérablement la machine ; de plus, les difficultés d'installation forcent à recourir à une foule d'artifices imposant des dispositions vicieuses et une augmentation de poids mort.

§ 19.

Il peut être intéressant, étant donné l'engouement auquel donne lieu, depuis quelques années, le système compound, pour les machines à haute pression, de parler ici des immenses services qu'il a rendus et qu'il rend tous les jours dans la marine. Quoique les premiers essais de condenseur par surface remontent jusqu'à 1840, ce n'est guère qu'il y a vingt ans que cet appareil est devenu pratique; avant, on ne pouvait marcher à l'eau de mer que sous une pression de 0,75 *kg* à 1,25 *kg*, et on était obligé d'évacuer 45 à 50 0/0 du volume d'eau d'alimentation; la détente était peu considérable, la perte de calorique par extraction était de 15 0 0 en moyenne.

Alors, on fit des essais de machines à deux vapeurs *(ou liquides)* eau et éther, la chaudière à éther devenant le condenseur pour la vapeur d'eau, on put ainsi faire des essais intéressants, sous des pressions variant entre 2 et 3 *kg*. Mais, dès que le condenseur par surface devint pratique, on augmenta immédiatement dans les machines à vapeur marines la pression qui fut au début portée à 3 et 4 *kg;* la Compagnie Transatlantique s'est empressée de transformer en machines Woolf (1) ses machines pilons, en changeant ses chaudières à cette époque, pour passer de la pression de 1 *kg* à 3 *kg* et à 4 *kg* par la suite; la raison en était bien simple, c'est que pour faire la détente dans un seul cylindre, la marche devenait impossible, le nombre de tours de manivelle étant trop peu considérable, le diamètre et le poids de l'hélice étant beaucoup trop faibles pour assurer une régularité de mouvements suffisante et faire disparaître les chocs dus à chaque introduction. La transformation était facile et peu coûteuse; de plus, les résultats du système Woolf étaient bien connus. Mais, l'absence de volant, surtout pour les grandes puissances, rendait nécessaire la triple manivelle; le type compound s'est donc fatalement imposé avec un cylindre échappant dans deux autres de même capacité, ce qui doublait le volume; plus tard, la pression fut portée à 6 et 7 *kg*, et on arriva à la triple expansion. Aujourd'hui, dans le but de régularisation, on pousse la pression à 8, 9 et même 10 *kg*, et toujours pour la même crainte des chocs. Certains constructeurs établissent leurs machines avec triple et quadruple expansion facultative. Ici, il faut remarquer que la pression finale avant l'échappement ne devant être, pour une bonne utilisation, que de

(1) Dit Tandem aujourd'hui.

1/2 atmosphère ou de — 0,5 *kg*, les machines étant à condensation, avec la pression de 10 à 11 et 12 *kg*, il faut marcher avec 19/20, 21/22 et 24/25 d'expansion, soit avec des introductions à 5 et 4 0/0. Le système Woolf serait meilleur pour deux manivelles, mais pour trois le système compound est préférable. Or, pour des machines de 8, 10 et 12 000 chevaux effectifs, les dimensions des cylindres imposent d'en multiplier le nombre, et l'absence de volant réclame trois manivelles, car l'action des pistons sur un sixième de circonférence réduit les irrégularités de la somme des efforts tangentiels, malgré une très grande détente, à peu de chose. Quant à l'avantage qu'il y a de porter la détente de 9/10 ou 18/20 à 19/20, il n'est théoriquement que de 17,5 0/0, mais si l'on tient compte des pertes matérielles et pratiques qu'entraîne l'augmentation de pression de 5 à 6 *kg* à 10, 11 et 12 *kg*, on voit que pour utiliser cette plus-value de travail de 17 1/2 0/0, il faut de très puissantes machines de 7 à 12 000 chevaux, et encore ces puissants moteurs, avec tous les frottements et chutes de pression, pour le passage de la vapeur d'un cylindre dans l'autre et avec toutes les condensations dues aux grandes détentes prolongées, ne peuvent-ils en utiliser qu'une faible partie; de sorte que l'économie pratique qui résulte de la triple et de la quadruple expansion, avec des chaudières timbrées à 10 et 12 *kg* pour des machines à condensation, est estimée à 7 et 10 0/0 au plus (1).

§ 20.

Mais on conçoit immédiatement le peu d'élasticité de semblables machines; ainsi, si le volume du premier cylindre est 1; du second, 2, et du troisième, 4, en admettant la marche à demi-introduction pour le petit cylindre, on a la détente à 7/8 d'expansion; si l'introduction est réduite au quart dans le petit cylindre, la détente finale donne 15/16 d'expansion; mais si la machine est à quatre cylindres, dont les volumes successifs sont 1, 2, 4 et 8, l'introduction à moitié dans le petit cylindre donne une expansion finale à 15/16, et l'introduction au quart, celle de 31/32; il est facile de comprendre que de telles machines ne peuvent réellement être économiques et pratiques qu'à la condition d'être de très puissants moteurs, 7 à 12 000 chevaux à condensation, et de ne faire toujours que le travail pour lequel ils ont été calculés, sans quoi, dès que l'on s'écarte en plus ou en moins de ce travail

(1) Les essais faits par MM. Bour, Walter-Meunier et autres Ingénieurs ont démontré qu'en pratique l'économie réelle due au système compound ne dépasse pas 3 à 5 0/0 dans les conditions les plus favorables.

normal, le rendement devient médiocre, si certaines nécessités de service exigent de doubler la puissance de travail pendant un moment, on ne peut le faire sans augmenter considérablement la dépense par cheval; c'est pourquoi, au moyen de certains artifices, la quadruple expansion devient de la triple expansion, la triple expansion de la double et enfin la double de la simple expansion.

Toutes ces combinaisons remarquables n'ont cependant eu pour résultat que de rendre les machines marines aussi économiques que les machines de terre, alors qu'avant l'application du compound, elles avaient un rendement bien inférieur. D'ailleurs, comme une fois au large, par beau temps, la machine marine développe pendant 3, 4, 8, 12 et 20 jours le même travail, le manque d'élasticité est sans inconvénient, puisqu'on lui fait donner continuellement le maximum pratique correspondant à la production normale des chaudières, compatible avec la sécurité absolue que réclament les navires transportant des milliers de personnes; mais, quand le temps est mauvais, la machine marine ne fait plus que 1/2, 1/3 ou 1/4 de son travail normal, soit de sa force nominale, donc si, par exception et accidentellement, elle ne fait pas économiquement les forces réduites, ceci est sans importance, car comme on ne peut régler la production de vapeur sur le mauvais temps, les soupapes de sûreté perdent continuellement en grande quantité; si la vapeur qui passe par les cylindres est plus ou moins mal utilisée, cela importe peu puisqu'en même temps les soupapes lâchent de la vapeur en pure perte.

Il faut aussi ne pas oublier que si nous prenons l'exemple des grandes forces de 10 à 12 mille chevaux effectifs avec la quadruple expansion, il faut compter sur quatre chutes de pression :

1° Souvent avec le condenseur par surface la force élastique de la vapeur y est de. . . . . 0,25 *kg*

2° Il faut à fin de course une pression de 0,33 *kg* (1) au moins, pour l'échappement au condenseur. . . . . 0,33 *kg*

3° Et pour le passage en cascade du petit au grand cylindre, trois chutes au minimum, l'une de 0,25 *kg*, soit au total pour les trois transvasements 0,25 *kg* × 3 = 0,75 *kg*

La perte de charge totale du petit cylindre au condenseur est de . . . . . 1,33 *kg*

(1) Cette faible pression de 0,33 *kg* n'est admissible que pour de très puissante machines à très grands diamètres de piston, de 1 à 2 *m* et au-dessus.

Si on considère l'introduction au 1/8 comme donnant le maximum d'effet utile, la pression à l'origine dans les chaudières devra être en moyenne de (0,16 *kg* étant la chute de pression de la vapeur pour passer des chaudières dans la boîte à tiroir du petit ou premier cylindre) (1,33 *kg* × 8) + 0,16 *kg* = 10,80 *kg* à 11 kg, et dans ce cas, si l'on superpose les quatre diagrammes pour en faire un diagramme total sans cascade, on forme le diagramme qu'une Corliss ou une Sulzer à condensation aurait donné pour une même détente totale

$$(0{,}5\ kg \times 8) + 0{,}16\ kg = 4{,}16\ kg$$

Si, dans les cylindres d'une locomotive on veut faire la détente au 1/8, avec une demi-atmosphère de pression à fin de course, la chaudière doit être timbrée à

$$(1^{at}\,5 \times 8) + 1^{at} = 13^{at} = 12{,}43\ kg.$$

en comptant sur une perte de charge de 1 atmosphère ou d'un kilo environ à l'introduction et sensiblement 13 *kg* 1/2 si l'on admet que la perte de charge due au laminage peut arriver à 2 *kg*.

On voit donc que la haute pression n'est pas réclamée par les grandes détentes, mais bien par les résistances à l'échappement ou aux échappements. Quant au rendement d'une machine, il est en raison inverse de la détente et proportionnellement au travail développé par la cylindrée.

Tableau donnant la valeur du travail effectif de la vapeur à diverses détentes (en moyenne industrielle).

VALEUR DE L'ADMISSION	TRAVAIL THÉORIQUE TOTAL avec détente le travail à pleine introduction étant : 1 000	RENDEMENT D'UNE MACHINE en parfait état de construction et d'entretien	TRAVAIL EFFECTIF OU PRATIQUE
a	*b*	*c*	*b* × *c*
1.000	1.000	0,94	0,940
1/3 = 0,333	2,108	0,90	1,816
1/5 = 0,200	2,609	0,86	2,244
1/10 = 0,100	3,303	0,82	2,708
1/15 = 0,066	3,700	0,75	2,775
1/20 = 0,050	4,000	0,68	2,720

L'examen de ce tableau fait voir qu'à partir de l'admission au dixième, on ne gagne plus rien en pratique, même avec des machines parfaites, — monocylindriques. Jamais une machine à quadruple expansion ne pourra avoir les valeurs indiquées dans la colonne *c*.

§ 21.

Les locomotives marchant à grande vitesse, leurs cylindres sont relativement petits, et leur travail est des plus variables avec les charges, le vent, la vitesse, les pentes et les rampes, de sorte qu'une locomotive peut à tout moment passer d'un travail de 500 chevaux à 300, 200, 100 chevaux positifs et aussi faire un travail de 50, 100 et 200 négatifs en marchant contre vapeur. Est-ce qu'une comparaison est possible entre une machine marine et une locomotive ? Nous ne le croyons pas, et si les systèmes Woolf et compound ont rendu les machines marines aussi économiques que les machines de terre en produisant une économie notable à la mer, cela n'est pas une raison pour faire admettre sans examen approfondi qu'il en sera de même pour les locomotives ; or, aujourd'hui la locomotive fait le cheval effectif avec une dépense de 12 à 13 *kg* de vapeur (1), et non pas avec 40 et 50 *kg* comme les machines marines d'il y a trente ans ; il est donc encore permis d'espérer que l'on gagnera 15 à 20 0/0 sur la consommation des locomotives, mais il est essentiel que ce gain ne leur fasse perdre leur élasticité de puissance.

§ 22.

Ainsi que nous venons de le voir, la locomotive fait aujourd'hui le cheval effectif sur l'essieu moteur avec une dépense par heure de 1,25 *kg* de briquettes et avec une dépense de vapeur sèche de 10 *kg* à 10 *kg* 1/2. Comme comparaison, dans des essais faits sur une chaudière type *(Fig. 1, § 1^er)*, espèce de calorimètre de 50 m^2 de surface de chauffe, avec sécheur surchauffant de 1 à 3° la vapeur et n'abandonnant la fumée qu'à 200°, nous n'avons pu obtenir, dans des conditions plus théoriques que pratiques, que 8,650 *kg* de vapeur *sèche* par kilogramme de briquettes lavées de première qua-

(1) Fin août 1885, la locomotive 398 de la Compagnie d'Orléans a fait des trains expériences de 240 *t* en 21 véhicules, en développant en moyenne entre Orléans et Tours 574 chevaux 3, indiqués, en consommant 975 *kg* de briquettes et 9 615 *kg* d'eau en 98 minutes. — En 98 et 100 minutes 574 chevaux 3 indiqués = 574 *chx* × 0.60 = 344 *chx* effectifs, soit 975 *kg* × 0.6 = 585 *kg* de briquettes par heure et 9 615 *kg* × 0.6 = 5 769 *kg* d'eau, ce qui fait par heure et par cheval effectif 1,25 *kg* de combustible et 12,27 *kg* de vapeur renfermant en moyenne 1,8 *kg* d'eau, soit le cheval effectif avec 10,5 *kg* de vapeur sèche.

lité à 5 0/0 de cendre, l'eau d'alimentation étant prise à 20 degrés et la pression à la chaudière étant de 7*kg* : or 1,25 *kg* × 8,650 *kg* = 10,810 *kg*, différent peu de 10,500 *kg;* de sorte, qu'en ajoutant 15 0/0 de crachement on retrouve le chiffre de 10,810 *kg* × 1,15 = 12,43 *kg* différant très peu de 12,27 *kg* pour l'eau consommée. On voit donc que les locomotives ne dépensent pas plus que les bonnes machines à vapeur à condensation en marche courante de bonne pratique industrielle. Or, une machine Corliss, compound ou autre, dont ce travail varierait du simple au double dix fois par heure, ne pourrait être plus économique, car il faut toujours rejeter les chiffres d'exception. C'est pourquoi nous croyons que le plus grand défaut pratique de la distribution des locomotives, c'est son échappement trop anticipé avec les grandes détentes qui fait que la moitié du volume engendré par les pistons n'est pas utilisé et que la vapeur est perdue quoique encore sous la pression de 5 à 6 *kg;* alors nous nous sommes imposé de conserver l'admission telle qu'elle est, de ne changer que les conditions d'échappement. Nous ne faisons du reste que reprendre, sous une autre forme, l'idée de M. Camille Polonceau qui, en 1857, essaya à la Compagnie d'Orléans la détente Meyer à une locomotive. Cet essai fut infructueux à cause des complications du mécanisme *(il fallait deux changements de marche, etc.)*, mais il n'est pas certain qu'avec les mécanismes actuels les résultats eussent été négatifs (1).

§ 23.

La première idée qui nous est venue fut d'avoir deux distributions, l'une d'introduction et l'autre d'échappement; la distribution d'introduction était mise en mouvement par la coulisse sans modification, et la distribution d'échappement était mise en mouvement par la crosse de la tige de piston *(Pl. 9, fig. 47 à 53*, et *Pl. 9, fig. 41 à 46)* ; de cette façon, l'avance à l'échappement restait constante, la course due au tiroir d'échappement restait invariable et la compression commençait toujours au même point de la course, soit à 15 0/0 dans nos premiers essais, à petite vitesse et à échappement variable ouvert en grand, *tout ceci était parfait;* mais dès qu'on serrait l'échappement, au lieu de prendre la vapeur à 760 soit à 0 *kg*, on la prenait à 0,25 *kg*, 0,50 *kg* et à 0,75 *kg* suivant que l'admission était plus ou moins considérable ainsi que

(1) Nous avons fait voir que, théoriquement, il fallait faire travailler la vapeur entre 11 et 12 *kg* dans les locomotives et que pratiquement on serait conduit à faire timbrer leurs chaudières à 15 et 16 *kg;* c'est ce que l'on a déjà fait pour les compound : de là des économies qu'on a attribuées au système, quoique dues seulement à l'augmentation de la pression.

la vitesse ; de sorte qu'à 34, 36, 38 et 40 *km* à l'heure avec admission à 15 et 20 0/0, on arrivait à comprimer la vapeur à 9,5 *kg*, 10 *kg* et 10,5 *kg*, pression moyenne à la chaudière, tout était pour le mieux puisque l'on arrivait à remplir les espaces nuisibles à la pression de la chaudière. Mais quand l'échappement se trouvait aux tensions élevées de 0,25 *kg*,0, 50 *kg* et 0,75 *kg*, à grande vitesse, la compression montait très rapidement, attendu qu'à l'origine la pression était plus grande et qu'une grande partie du calorique développé par la compression vaporisait le brouillard, puis surchauffait la vapeur en augmentant considérablement son volume. Il est facile de comprendre que si le même volume de vapeur était de 1 + 0,75 soit de 1,75 à l'origine ; avec la vaporisation du brouillard et la surchauffe due à la compression à fin de course, la pression eût été doublée et serait montée jusqu'à 20 et 22 *kg*, si les tiroirs d'introduction n'eussent pas été soulevés par la pression intérieure ; dans ces conditions le travail résistant devenait tellement considérable qu'il paralysait la marche à grande vitesse, ce qui nous fit abandonner cette première disposition, qui cependant doit être vivement recommandée pour la marine et pour toutes les machines à changement de marche et à condensation. En effet, on comprend qu'à l'émission avec la condensation, la pression dans les cylindres en communication avec le condenseur n'est qu'à $0^{at},10$, $0^{at},18$ et $0^{at},25$ au plus ; d'où il suit que la compression ne peut donner que des tensions finales quatre, sept et dix fois plus petites que dans le cas des machines sans condensation, à grande vitesse et à pression variable à l'échappement. Donc la distribution à deux, trois ou quatre distributeurs, avec mouvement d'introduction par la coulisse et mouvement d'échappement par la crosse de la tige de piston, est des plus recommandables, même pour les compounds, mais uniquement pour le cylindre en communication directe avec le condenseur.

§ 24.

Quand il fut bien reconnu que la compression absorbait un trop grand travail dans les locomotives (*fig. 54, nos 1 à 11, pl. 9*), avec le dispositif que nous venons de faire connaître, nous avons cherché tout en conservant l'indépendance complète entre l'introduction et l'échappement à diminuer la compression. Le premier moyen étudié consistait en un excentrique à décalage pour donner le mouvement à la distribution d'échappement, mais cette combinaison simple en

apparence est des plus compliquées en exécution, parce qu'elle exige des purgeurs automatiques et la fermeture de l'échappement pour tous les changements de marche, elle fut abandonnée après examen par M. l'Ingénieur en chef Ernest Polonceau. Le second moyen étudié fut la double coulisse jumelle, ne réclamant que le même nombre d'excentriques, de barres et d'articulations que la distribution ordinaire *(Pl. 10, fig. 61 à 69)*; lorsque le levier de manœuvre arrivait au point mort de coulisse, une tringle qui y était articulée manœuvrait un petit tiroir de distribution de vapeur, qui commandait un cylindre dit de renversement de marche; le piston de ce cylindre passait brusquement d'un fond à l'autre en faisant passer de même le coulisseau de la distribution d'échappement d'une extrémité d'échappement à l'autre, sans intermédiaire; donc la course du tiroir d'échappement était invariablement maxima. Sous le rapport de la distribution, ce dispositif était parfait, mais il avait l'inconvénient d'avoir une coulisse jumelle difficile à placer à cause de sa grande largeur, de plus, le piston releveur à vapeur était encore un organe à ajouter, qui, en temps de gelée, pouvait amener des embarras, si la conduite de vapeur n'était pas bien purgée d'eau à chaque manœuvre et, comme la première étude, cette disposition fut abandonnée avant exécution. Le troisième système étudié, et qui est mis en pratique aujourd'hui *(Pl. 10, fig. 70 à 74, et Pl. 10, fig. 84 à 88)*; consiste dans la superposition de deux coulisseaux dans la même coulisse ou mieux d'un long coulisseau à deux tourillons superposés, l'un pour le mouvement d'introduction et l'autre pour le mouvement de l'échappement. Le tourillon inférieur est celui qui donne le mouvement à la distribution d'introduction et correspond au tourillon ordinaire. Le tourillon supérieur donne le mouvement aux distributeurs d'échappement, au moyen de renvois dont la position résulte des dispositions mêmes de la machine.

§ 25.

Les avantages qui résultent de cette combinaison sont les suivants :

I — POUR L'INTRODUCTION :

1° Il est possible de réduire l'admission limite à 5 ou 6 0/0 par un angle de calage bien choisi, alors que dans les distributions ordinaires on ne peut admettre au-dessous de 10 0/0;

2° Le ou les tiroirs d'admission ne servant plus pour l'échap-

pement, il est très facile d'admettre par une double introduction (sans se servir du tiroir à canal);

3° La vapeur d'admission n'est plus refroidie par le passage de la vapeur d'échappement;

4° L'espace nuisible peut être réduit à 4 0/0; il est habituellement dans les cylindres de locomotives de 8 à 9 0/0;

5° La détente est prolongée jusqu'à 80 0/0 au point mort, au lieu de 52 0/0 dans les locomotives ordinaires;

6° Le ou les tiroirs d'admission sont en partie équilibrés par leur fonctionnement même.

II — POUR L'ÉCHAPPEMENT :

1° On peut donner aux lumières la largeur suffisante pour éviter toute contre-pression à très grande vitesse;

2° La compression est diminuée tout en permettant de remplir les espaces nuisibles à la pression de la chaudière;

3° Le cylindre se purge lui-même à chaque coup d'échappement.

Ainsi qu'il est facile de le comprendre par suite de la position du tourillon de commande du tiroir d'échappement, les conditions de cet échappement sont différentes pour la marche en avant et pour la marche en arrière, et en rapprochant ou en éloignant de l'axe de commande du tiroir d'admission l'axe qui commande l'échappement, on peut faire varier à volonté les avances à l'échappement et les compressions. Les annexes indiquent les conditions qui sont en essai, deux machines sont en service depuis plusieurs mois : l'une avec des tiroirs d'échappement à coquille, et l'autre avec des tiroirs d'échappement cylindres oscillants(1). Ces machines sont celles qui ont servi aux premières expériences avec compression très forte. Les cylindres ont été conservés et ils ont le défaut d'avoir des espaces nuisibles plus grands que les cylindres de même diamètre des machines ordinaires. Les résultats obtenus ne peuvent donc encore être jugés définitivement; mais, nous avons en service depuis quelques jours de nouveaux cylindres à espace nuisible réduit et à quatre distributeurs. Il y a lieu d'espérer que les résultats seront tout à fait satisfaisants avec ces nouveaux cylindres (2). *(Voir à l'annexe* E *les détails relatifs à la nouvelle distribution.) (Pl. 10, fig. 89 à 99.)*

(1) Cette dernière fait en moyenne 6 0/0 d'économie de combustible depuis plusieurs mois.

(2) Du reste leurs diagrammes accusent une augmentation de travail théorique de 22 0/0.

CHAPITRE VI

§ 26.

Des conclusions sur les perfectionnements réalisés dans ces derniers temps dans la construction des machines à vapeur à grande détente, à grande vitesse, à haute pression et sans condensation.

Plus haut, nous avons vu que la locomotive actuellement bien construite fait le cheval vapeur effectif *(compté sur son arbre ou essieu moteur)* avec une consommation par heure de 1,250 *kg* de briquettes ou charbon de bonne qualité et avec une dépense de 10,500 *kg* de vapeur sèche ou utile, correspondant à une consommation moyenne de 12 *kg* d'eau environ.

Les machines fixes à grande vitesse du système Armington et Sims sans condensation, très répandues en Amérique pour l'éclairage électrique, sont garanties par les constructeurs pour une dépense de 12,250 *kg* de vapeur, par heure et par cheval effectif, mesuré au frein de Prony; mais, les machines bien soignées ne dépensent en réalité que 10,5 *kg* à 11 *kg*; ces machines marchent généralement à la vitesse de 250 à 300 tours de volant par minute, sous des pressions de 5 à 6 *kg* seulement.

Les machines Corliss, type du Creusot, d'après les essais faits par M. Delafond, Ingénieur en chef des mines (1884, septembre et octobre, *Annales des Mines)*, ne dépensent, sans condensation, par heure et par cheval effectif, que 10,740 *kg* avec introduction à 20 0/0, et sous la pression effective de 7,760 *kg*. Mais sous la pression effective de 5,500 *kg* dans les mêmes conditions, la dépense s'est élevée à 10,800 *kg*

La même machine marchant à condensation à 7,750 *kg* avec introduction au $\frac{6,7}{100,0}$ a dépensé 9,270 *kg*, et avec introduction à $\frac{12,5}{100,0}$ 9,530 *kg*. Sous la pression effective de 4,500 *kg* la dépense par heure et par cheval effectif n'a encore été avec admission à $\frac{15,5}{100,0}$ que de 9,580 *kg* et avec admission à $\frac{200,0}{100,0}$ 9,470 *kg*.

Si on considère que l'alimentation à 97 degrés, au moyen du réchauffeur, donne une économie de 14 0/0, l'eau étant prise à

20 degrés, on voit que la dépense d'eau et de combustible aurait été réduite à 0,86 de ce qu'elle a été, si au Creusot on avait utilisé la vapeur d'échappement à chauffer l'eau d'alimentation à 100 degrés pour l'introduire dans la chaudière à 97 degrés ; dans ces conditions, la dépense pour la marche sans condensation se serait réduite à $10{,}740\ kg \times 0{,}86 = 9{,}240\ kg$, chiffre inférieur à 9,270 *kg* de bien peu de chose il est vrai, $9{,}270\ kg - 9{,}240\ kg = 0{,}030\ kg$; mais cela permet de conclure qu'à haute pression avec le réchauffage de l'eau à 97 degrés, la condensation ne présente aucun intérêt et il faut remarquer que dans les essais Creusot l'on n'a marché qu'à 7,750 *kg* et non pas à 10, 11 et 12 *kg*, comme il est préférable de le faire pour obtenir le maximum d'effet utile avec la marche sans condensation.

§ 27.

D'un autre côté on voit que pour la marche à condensation on a peu gagné, en pratique, pour passer de la pression de 4,500 *kg* à celle de 7,750 *kg* que l'économie se réduit à

$$9{,}47\ kg - 9{,}270\ kg = 0{,}200\ kg$$

soit à 2 0/0 environ ; ce qui fait voir qu'en pratique les admissions inférieures à $\frac{12}{100}$ et $\frac{11}{100}$ cessent d'être économiques ; donc le maximum d'effet utile est obtenu avec des détentes variant entre le 1/7 et le 1/9, soit en moyenne avec l'introduction au 1/8. Si l'on admet qu'à fin de course la pression effective doit être encore de 0,5 *kg* ou de $1/2^{at}$ sur les pistons, on voit que pour une machine à condensation, la pression normale à la chaudière n'a pas besoin de dépasser $1/2^{at} \times 8 = 4$ atmosphères qu'en comptant même sur la détente au $\frac{1}{10}$ elle n'a pas besoin de dépasser $1/2^{at} \times 10 = 5$ atmosphères et avec l'introduction à 0,08, soit avec la détente au $\frac{1}{12}$ la pression doit être limitée à $1/2^{at} \times 12 = 6$ atmosphères ou 5 *kg* environ, donc il est inutile de faire timbrer au-dessus de 5,50 *kg* les chaudières des machines à condensation donnant un vide de 720, soit $\frac{1}{19}$ atmosphère. Quant aux machines marines compound à triple et quadruple expansion, il leur faut une plus grande pression ; les chutes pour les passages dans les cylindres

successifs et le vide très imparfait des condenseurs par surface *(qu'il faut avant tout considérer comme des appareils distillatoires)*, qui n'est souvent que de 380, soit 1/2 atmosphère, font que pour avoir 0,5 *kg* de pression effective sur les pistons à fin de course, c'est la pression de 1 atmosphère qu'il faut *(1/2^{at} + 1/2^{at} = 1 atmosphère)*; alors que pour l'introduction moyenne au 1/10, c'est $1^{at} \times 10 = 10^{at}$ qu'il faut dans les chaudières et c'est à 10 *kg* qu'il faut faire timbrer les dites chaudières pour plus de sécurité, le timbre de 10 *kg* (1) convenant pour la marche normale à 9 *kg*.

Les locomotives ne peuvent être que des machines sans condensation, elles doivent donc être établies pour la détente au 1/8 que donne le maximum d'effet utile. Les locomotives étant monocylindriques, du moins comme nous les comprenons, n'ont pas besoin de faire leur force moyenne nominale avec introduction au 1/10, au 1/12 et au 1/15, puisqu'il n'y a pas de chute pour le passage de la vapeur d'un cylindre dans un autre pour le travail moyen qu'on doit leur demander; dans ces conditions la pression à l'introduction doit être de :

$$(1^{at} + 0^{at},5) \times 8 = 12^{at} = 11,4\ kg.$$

donc c'est à 13,5 *kg* (2) qu'il faut faire timbrer les chaudières et à 16 *kg* si l'on veut, comme M. Ernest Polonceau, sécher la vapeur par détente dans un vaporisateur logé dans la chaudière (3).

En résumé on voit que les locomotives, de même que les machines fixes les plus perfectionnées, Farcot, Sulzer, Corlis et Compound, que la condensation ne présente même pour les machines fixes qu'un bien médiocre intérêt ainsi que le tableau ci-dessous le fait voir.

(1) Pour la simple expansion et 11 *kg* pour la quadruple expansion, voir page 38.

(2) Pour les locomotives à grande vitesse, voir page 38.

(3) Certains Ingénieurs ayant fait construire des compound timbrées à 14 et 15 *kg*, les ont trouvées économiques, en les comparant aux machines ordinaires timbrées à 8, 9 et 10 *kg* au plus. Mais s'il les avait comparées à des machines monocylindriques également timbrées à 15 *kg*, c'est le contraire qu'ils auraient constaté.

Dépense de vapeur réelle (sèche), par heure et par cheval effectif, de diverses machines perfectionnées et en bonne pratique industrielle.

TYPE DES MACHINES	PRESSION DE LA VAPEUR à la chaudière	DÉPENSE PAR HEURE ET CHEVAL EFFECTIF	
		Vapeur sèche dite utile	Vapeur avec 15 0/0 d'eau
	kg	*kg*	*kg*
Locomotive n° 394 de la Compagnie d'Orléans sans enveloppe ni réchauffeur d'eau d'alimentation	10	12,414	14,276
Locomotive n° 398, même type, avec enveloppe et réchauffeur	10	10,500	12,270
Machine Armington et Sims, sans enveloppe de vapeur et sans condensation. . . .	6	12,250	14,087
Machine Corliss, du Creusot, avec enveloppe de vapeur, sans condensation ni réchauffeur	7,75)	9,666	Vapeur avec 10 0/0 d'eau 10,740
La même, sans condensation, avec réchauffeur.	7,750	8,316	9,240
La même, à condensation.	7,750	8,343	9,270
La même, à condensation.	4,500	8,523	9,470

L'infériorité de la locomotive et de la machine Armington sur la machine Corliss est due uniquement à ce que, pour les grandes détentes, la distribution des deux premières échappe à 65, 60, 55 et 50 0/0 de la longueur de la course des pistons. De plus, pour la locomotive, pour un travail de 100 minutes, il y a eu un grand nombre de variations de forces, qui ont fait varier les admissions entre 15 et 30 0/0; donc qui n'ont pas laissé la machine dans ses meilleures conditions de rendement. Pour la machine Armington et Sims, la pression de 6 *kg* est beaucoup trop faible et de plus son cylindre est sans enveloppe de vapeur.

Mais il est facile de voir que si la locomotive dépense de 2 *kg* à 2,200 *kg* d'eau plus que la Corliss, soit 24 0/0 environ, il n'est pas impossible d'en augmenter le rendement au moyen des dispositions qui précèdent, et, il est permis d'espérer de voir à très bref délai la locomotive aussi parfaite pour le rendement que les machines fixes les plus récentes et les plus perfectionnées.

§ 28.

Il résulte de cette discussion que la condensation est rarement utile et qu'il serait regrettable aujourd'hui de faire de grands sacrifices pour percer des puits devant fournir 200, 300, 600 et 1 000 mètres cubes d'eau par heure pour la condensation de machines de la force de 500 à 3 000 chevaux, comme en réclame aujourd'hui les stations pour l'éclairage électrique, car ces volumes d'eau sont d'inutiles petites rivières artificielles créées à des prix ruineux.

Enfin, en ce qui concerne les locomotives, nous ajouterons qu'elles peuvent brûler, suivant les cas, les plus médiocres combustibles; qu'elles peuvent produire aussi avantageusement le cheval-vapeur que les machines fixes les plus perfectionnées, et que c'est une utopie, à notre avis, du moins pour le moment, que de vouloir les remplacer pour les chemins de fer par d'autres moteurs, tels que les moteurs électriques, à air comprimé, etc..., car l'action directe de la vapeur de la chaudière de la locomotive, avec sa puissante élasticité, devra toujours la faire préférer à tout autre appareil remorqueur. Nous insisterons sur ce point parce que l'on rencontre encore beaucoup de personnes qui se figurent que la locomotive est une machine à vapeur médiocre, que les exigences de son service rendent fatalement mauvaise et qu'en la remplaçant par des remorqueurs indirects, on aurait l'avantage, dans les postes fixes *(usines de force motrice)* d'employer de bonnes chaudières à bouilleurs, semi-tubulaires, avec économiseurs, réchauffeurs brûlant des fines, poussiers de houilles, etc.... Or, les chaudières de locomotives à foyer gazogène sont des générateurs à vapeur pouvant même avec l'emploi des mauvais combustibles rivaliser, avec les meilleures chaudières fixes en usage et avec les machines à balanciers Woof, Corliss, Sulzer, Farcot, Compound à condensation. De plus, en consultant le tableau ci-dessus § 27, on voit que l'avantage des machines fixes les plus perfectionnées ne serait pour un travail régulier et constant *(ce qui n'est pas)*, que de 24 à 25 0/0, soit 1/4, sur les locomotives ordinaires, mais que cet avantage même pour un travail constant n'existera plus, quand la comparaison en sera faite entre les machines fixes les plus perfectionnées et les locomotives également les plus perfectionnées.

On peut encore démontrer que, pour un même travail, il y a

34 à 35 0/0 d'économie à réaliser et que, pour une même quantité de combustion dans l'unité de temps pour une même surface de grille, il y a possibilité d'augmenter aussi de 35 0/0 ou d'un tiers la puissance d'une locomotive, soit d'une machine sans condensation.

1° O	Dépense d'une locomotive ordinaire . .	1000
2° § 1 . . .	*Idem* à foyer gazogène ou Ten Brinck; économie, 10 0/0 en moyenne; 1000 $\times$ 0,90 = ...	900
3° § 4 . . .	Dépense avec réchauffeur d'eau d'alimentation; économie, 15 0/0; 900 $\times$ 0,85 =	765
4° §§ 10 et 12.	Dépense avec circulation active dans les enveloppes; économie, 4.37 0/0; 765 $\times$ 0,9563 = ...	721
5° § 25. . .	Dépense avec la nouvelle distribution à 4 distributeurs; économie moyenne probable d'après les diagrammes, 10 0/0; 721 $\times$ 0,900 =.	648

Donc, en accumulant sur une machine sans condensation tous les perfectionnements qu'elle peut recevoir, il est permis d'espérer qu'une économie de 100,0 — 64,8 = 35,2, soit de 35 0/0, est très pratiquement réalisable (1).

Ainsi une locomotive ordinaire qui dépense 13 *kg* de vapeur réelle par heure et par cheval effective, peut être perfectionnée au point, de ne plus dépenser que

$$13\ kg \times 0{,}65 = 8{,}450\ kg$$

comme les meilleures machines à condensation.

(1) Il y aurait encore à tenir compte de l'économie réalisée par le détenteur à haute pression de M. Ernest Polonceau et de la surchauffe relative qu'il peut donner, qui semble devoir atteindre 5 0/0 et qui serait à ajouter aux économies de 35 0/0 spécifiées ci-dessus.

ANNEXE A

Note sur le foyer système Ten Brinck, appliqué aux locomotives du chemin de fer de Paris à Orléans.

L'application du système de foyer Ten Brinck a été faite, depuis l'année 1860, à 1 215 locomotives de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, c'est-à-dire à la presque totalité des locomotives de cette Compagnie. Primitivement l'emploi de ce système a été fait dans le but de substituer à l'usage onéreux du coke celui de la houille sans toutefois produire de la fumée dans les gares, même avec les combustibles fumeux que la Compagnie d'Orléans était tenue d'employer par sa situation géographique. Les excellents résultats obtenus comme fumivorité et économie de combustible firent appliquer successivement à la plupart des locomotives en service ce système de foyer que reçurent toutes les locomotives construites depuis l'année 1862. Le foyer Ten Brinck présente aussi l'avantage de donner une grande surface de chauffe directe qu'on avait recherché dans les foyers à séparation de Sturrock et dans ceux de Mac Connell et Beattie.

En outre de la fumivorité et de l'augmentation de surface de chauffe, le foyer Ten Brinck produit une bonne répartition de la chaleur sur la surface du foyer et réalise l'avantage très important d'une combustion rationnelle et aussi complète que possible.

Le système de foyer Ten Brinck, en usage à la Compagnie d'Orléans, se compose essentiellement, comme l'indique la planche 8, figure 1, 2 et 3, de :

Deux grilles dont une principale G inclinée à 25° est fixe et dont l'autre J plus petite et située à l'avant de la précédente, est horizontale et mobile, autour d'un axe pour servir de jette-feu.

Un gueulard en fonte et tôle A, presque aussi large que le foyer, pour le chargement de combustible et dont la sole inclinée ordinairement à 40° est placée en prolongement de la grille fixe.

Un large clapet d'air C disposé au-dessus de la tôle supérieure du gueulard et manœuvrable à volonté par un levier pour régler la quantité d'air à admettre dans le foyer, dans le but de brûler les gaz provenant de la distillation de la houille sur la partie supérieure de la grille fixe.

Un bouilleur plat B, en cuivre rouge, placé au milieu du foyer à peu près parallèlement à la grille fixe et relié aux faces latérales et d'avant du foyer par 4 tubulures qui servent à la circulation de l'eau et de la vapeur en permettant aux dilatations de s'opérer librement.

Avec ces dispositions :

La houille est chargée par le gueulard, elle glisse sur la grille fixe au fur et à mesure de sa transformation en coke, et le mâchefer produit peut s'accumuler sur le jette-feu et en être facilement extrait.

L'air est introduit par le clapet d'air au-dessus du combustible et se mélange avec les gaz ramenés à l'arrière par le bouilleur, de façon à brûler, avec un léger excès d'air, les gaz provenant de la houille qui

descend de l'intérieur du gueulard. Comme organes accessoires du foyer, il faut citer :

Un cendrier fermé D muni à l'avant d'une porte, dont l'ouverture peut être graduée à volonté de la plate-forme de la machine pour régler le tirage.

Deux ouvreaux placés à droite et à gauche au-dessus de la porte de chargement du combustible pour permettre de surveiller le feu, de le travailler au besoin avec la griffe ou le pique-feu, de nettoyer le dessus du bouilleur et enfin de tamponner, quand cela est nécessaire, les tubes de fumée.

Un robinet spécial, appelé *souffleur*, permettant de projeter de la vapeur vive dans la cheminée pour augmenter le tirage.

Les foyers disposés, suivant le système Ten Brinck, sont de véritables gazogènes, car les gaz, provenant de la distillation de la houille sur la partie supérieure de la grille fixe, sont brûlés au retour de flamme au moyen d'une insufflation d'air, dirigée dans leur masse par le clapet du gueulard, pour les mélanger au gaz provenant de la combustion du charbon situé sur la partie inférieure de la grille fixe (1).

Pour obtenir la fumivorité aussi complète que possible avec ce genre de foyers, on doit :

En marche, tenir les deux grilles complètement garnies de combustible et le clapet d'air plus ou moins ouvert suivant l'intensité de la combustion, afin de brûler avec un léger excès d'air les gaz de la distillation de la houille.

En stationnant ou lors de la fermeture du régulateur en marche, ouvrir le souffleur et réduire convenablement l'ouverture du clapet d'air.

En tout cas, le chargement du combustible doit se faire en ouvrant légèrement le souffleur ou en abaissant au besoin la porte du cendrier, et en garnissant complètement le gueulard après avoir poussé vers l'avant de la grille fixe le charbon enflammé qui n'y serait pas descendu naturellement par l'effet de l'inclinaison à 25° de cette grille et des trépidations de la marche.

Si l'on admet que sur une grille ordinaire de chaudière de machine fixe, on ne peut brûler convenablement, avec tirage non forcé, que 0 6 *k* à 0 7 *k* de houille par décimètre carré de surface et par heure, avec de longs et larges carreaux qui permettent à la flamme de se développer librement, il est évident qu'en consommant sur les grilles des locomotives à foyer ordinaire 3 à 4 *kg* de houille par décimètre carré et par heure les gaz, même avec le tirage forcé, ne peuvent être entièrement brûlés avant d'arriver aux tubes de fumée.

En supposant, d'ailleurs, qu'on ne charge la grille qu'en couche mince et peu à la fois, l'air passant à travers le combustible chemine parallèlement avec les gaz sans s'y mélanger intimement et de plus les rentrées d'air à chaque ouverture fréquente de la porte, pour le chargement, causent des refroidissements nuisibles à la production de la vapeur et à la conservation de la plaque tubulaire du foyer ; si au contraire on force le chargement pour le faire moins souvent, on augmente la quantité des

(1) En essayant les gaz de la boîte à fumée avec l'appareil Orsat, on ne trouve pour ces foyers aucune trace d'oxyde de carbone, mais seulement un léger excès d'air.

gaz qui échappent à la combustion, et la production de vapeur est ainsi diminuée.

C'est pour éviter ces inconvénients qu'on a employé généralement, et d'abord en Angleterre dans les foyers de locomotives, une voûte en briques réfractaires qui ramène les gaz vers la porte munie d'un déflecteur spécial en tôle destiné à projeter de l'air sur le courant gazeux, de manière à le briser et y produire un mélange qui facilite la combustion.

Dans le foyer Ten Brinck type, le mélange des gaz et la combustion sont mieux obtenus que dans ces foyers avec déflecteur et voûte en briques, parce que la projection de l'air a lieu, grâce à la grande longueur du clapet d'air sur toute la largeur du foyer et qu'en outre avec la facilité du chargement par le gueulard et par suite de l'inclinaison de la sole du gueulard et celle de la grille fixe, le combustible se prépare petit à petit par distillation progressive à brûler sans production de fumée.

On peut même charger le foyer Ten Brinck d'une manière exagérée puisque l'affluence d'air introduit peut être augmentée à volonté pour assurer une bonne combustion.

Pour les locomotives à marchandises la production de fumée dans les gares ayant moins d'inconvénient que pour les locomotives à voyageurs on leur a appliqué, à la Compagnie d'Orléans, une disposition de foyer Ten Brinck analogue à celle qui a été proposée par M. Bonnet, Ingénieur au chemin de fer de l'Est. La simplification de M. Bonnet avait été faite d'abord dans le but d'appliquer le système Ten Brinck aux locomotives existantes sans être forcé d'enlever par un travail onéreux une grande partie de la face arrière du foyer. Cette simplification, bien que n'assurant pas la fumivorité, ayant donné en pratique des résultats assez satisfaisants pour les locomotives à marchandises et certaines locomotives mixtes a été employée ensuite lors de la construction de locomotives neuves destinées à faire un de ces deux services.

La Compagnie d'Orléans possède actuellement 636 locomotives munies du foyer Ten Brinck et 579 locomotives munies du foyer Ten Brinck Bonnet.

Dans la disposition de foyer Ten Brinck Bonnet employée à la Compagnie d'Orléans et dont l'ensemble est représenté par les figures 4, 5 et 6 de la planche 8, le gueulard est remplacé par une large porte ovale, le clapet d'air est remplacé par un registre à air à ouvertures verticales fixé au centre de la porte, et celle-ci est munie intérieurement d'un déflecteur ayant pour but de diriger l'air de face et de chaque côté; en outre, pour augmenter l'insufflation d'air sur les côtés du foyer, on applique dans le système Ten Brinck Bonnet de chaque côté de la porte du foyer et vers la partie inférieure, deux ouvertures formées de tubes rivés qui permettent continuellement à l'air d'entrer dans le foyer.

Dans le foyer Bonnet, la grille fixe étant inclinée à 25° comme dans le Ten Brinck, il en résulte que sa partie supérieure est notablement au-dessous de la porte du foyer, de sorte que la couche de combustible se trouve en contact avec la partie arrière du foyer, et que la surface de chauffe directe en est par suite augmentée.

Avec la disposition de porte Bonnet, le chargement de la grille de chaque côté à l'arrière est plus difficile qu'avec le gueulard Ten Brinck,

et il faut avoir soin, en service, de bien garnir cette partie; où du reste le charbon est amené par l'effet du mouvement de lacet. L'arrière de la grille est disposé avec gradins latéraux dans les angles arrière.

Dans les divers genres de foyers Ten Brinck ou Ten Brinck Bonnet de la Compagnie d'Orléans :

La grille fixe est formée de barreaux en fer, système Raymondière, à section en lame de couteau de 130 *mm* de hauteur, 12 *mm* d'épaisseur à la partie en contact avec le charbon et 6 *mm* d'épaisseur à l'opposé.

L'écartement des barreaux est assuré au moyen de têtes de rivets que portent les barreaux placés de deux en deux.

La grille est disposée en éventail, c'est-à-dire avec un écartement des barreaux d'environ 6 *mm* à l'arrière du foyer et d'environ 12 *mm* à l'avant afin de donner à l'air un passage proportionnel à l'intensité de la combustion.

Les barreaux de la grille mobile sont également en fer à couteau avec 55 *mm* de hauteur, 10 *mm* d'épaisseur à la partie supérieure, 5 *mm* à la partie inférieure, et ont un écartement moyen de 14 *mm*.

Les écartements des barreaux de grille fixe et de grille mobile ont été déterminés pratiquement d'après la nature du combustible employé.

Tous ces barreaux laminés en fer à couteau, séparés en place seulement par des têtes de rivets tronconiques ou des rondelles d'un faible diamètre, sont bien rafraîchis par l'air, font un bon service et sont peu coûteux.

La sole du gueulard est formée de deux pièces de fonte assemblées par des boulons; ces pièces peuvent être remplacées facilement et sont montées de façon à pouvoir se dilater sans résistance.

Les côtés et le dessus du gueulard sont en tôle; le dessus est formé de deux pièces afin de pouvoir remplacer aisément celle de la partie avoisinant le foyer qui se détériore plus rapidement par l'effet du feu; leur fixation est faite par des boulons et des trous ovales qui facilitent la dilatation et évitent le gondolement.

Le clapet d'air est en fonte et muni à son extrémité du côté du foyer d'un rebord destiné à protéger le pourtour supérieur de l'ouverture dans le foyer contre la grande chaleur développée en cet endroit par le mélange de l'air et des gaz. Un fer à T est, en outre, fixé à ce pourtour dans le même but.

Le bouilleur est entièrement construit en cuivre rouge avec calottes forgées, et ses entretoises sont comme celles du foyer filetées, rivées et percées dans toute leur longueur d'un trou de 6 *mm*. Sa durée est à peu près aussi grande que celle des foyers, elle varie de dix à quinze ans.

Pour boucher les interstices entre le bouilleur et les parois du foyer on emploie un coulis de terre réfractaire avec des débris de briques réfractaires, et pour l'avant, dans les locomotives à voyageurs, des briques réfractaires moulées dans ce but avec une forme spéciale.

Primitivement les tubulures de bouilleur étaient fabriquées par emboutissage et martelage et leur exécution était difficile et coûteuse. Depuis une dizaine d'années on les exécute par moulage à la fonderie des ateliers de la Compagnie, à Paris, en employant, d'après le procédé proposé par M. de Fontenay, Ingénieur chimiste de la Compagnie, le cuivre

rouge phosphuré, alliage qui se coule facilement en sable vert grâce à la petite quantité de phosphore qu'il contient.

Fig. 3.

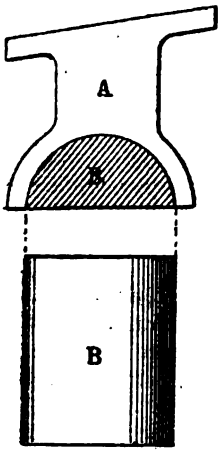


Fig. 4.

Lorsqu'on employait des tubulures embouties, le prix des pièces brutes atteignait 10 *f* le kilogramme; aujourd'hui, les tubulures en cuivre rouge phosphuré reviennent brutes à environ à 1,65 *f* le kilogramme au maximum *(fig. 3)*.

L'inclinaison des bouilleurs dans les foyers et leurs dimensions n'étant pas les mêmes dans tous les types de locomotives, il serait utile, pour mouler ces tubulures par les procédés ordinaires, d'avoir un nombre considérable de modèles.

La Compagnie a évité cet inconvénient en pratiquant le moulage des pièces en question à l'aide de l'appareil décrit ci-après *(fig. 3, 4 et 5)*.

Cet appareil comporte, ainsi que l'indiquent ces croquis.

1° Un calibre A, de la bride cintrée pour la confection d'un noyau B, qui en épouse la forme.

2° Un marbre et deux règles, d'une largeur égale à l'épaisseur de cette bride, pour la confection d'une galette en sable C, qui est cintrée sur le noyau ci-dessus et ensuite séchée à l'étuve.

3° Un trusquin D, pour trousser la partie cylindrique de la tubulure, après avoir préalablement placé sur un marbre et à l'inclinaison voulue le modèle E de la bride droite troussée en sable.

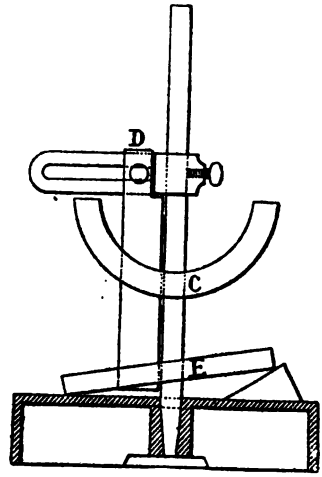


Fig. 5.

Pour faciliter le nettoyage du bouilleur et de ses tubulures, afin d'éviter les détériorations pouvant résulter de dépôts calcaires à l'intérieur des parois, le bouilleur est muni d'un autoclave au milieu de sa face supérieure et d'un bouchon à sa partie la plus basse, et des autoclaves sont placées extérieurement à la chaudière en face de chacune des quatre tubulures.

Les machines à large foyer ont même trois tubulures au lieu de deux à la partie inférieure du bouilleur afin de permettre de bien la laver pour y éviter les incrustations qui produisent une détérioration rapide des parties qui ne sont pas en contact continuel avec l'eau.

L'application du bouilleur aux foyers des locomotives est, en résumé, un véritable progrès. Si cette disposition n'a pas réussi dans les chemins de fer qui en ont fait l'essai à l'origine, c'est qu'elle n'avait pas reçu tous les perfectionnements nécessaires. Il est d'ailleurs indispensable, pour tirer profit du foyer Ten Brinck, de bien dresser le personnel destiné à en faire usage.

C'est grâce à ce soin et au bon entretien des appareils qu'à la Compagnie d'Orléans ce foyer perfectionné a réussi à tel point qu'appliqué d'abord aux locomotives à voyageurs, pour éviter la fumée dans les gares, il est adopté actuellement à la plupart des locomotives à marchandises, dont la consommation de combustible a baissé notablement depuis cette application. Elle a, de plus, apporté une telle amélioration dans la facilité de vaporisation que les machinistes ne veulent plus des locomotives à foyer ordinaire.

On a pensé à tort que le bouilleur subissait de fréquentes détériorations. Si quelques faits isolés ont été constatés dans les premières années, ils étaient la plupart dus à l'accumulation maladroite d'incrustations facile à éviter.

Les galeries des foyers subissent le même sort lorsque leur lavage est mal fait. Mais, avec des dispositions d'autoclaves rendant accessibles toutes les parties du bouilleur, on peut opérer un lavage complet de l'intérieur et les incrustations ne s'y accumulent pas, surtout si l'on emploie un bon liquide désincrustant.

ANNEXE B

Note sur l'appareil pour réchauffer l'eau d'alimentation, système Lencauchez *(Pl. 8, fig. 11 à 15).*

Dans les locomotives, la vapeur qui a été utilisée dans les cylindres est conduite à une tuyère placée à la base de la cheminée, d'où elle s'échappe pour activer le tirage du foyer.

Il était intéressant de rechercher s'il était possible, sans nuire au tirage, de distraire une partie de cette vapeur d'échappement et de l'employer à réchauffer l'eau d'alimentation. C'est dans ce but que M. Lencauchez a eu l'idée d'essayer sur les locomotives son appareil réchauffeur déjà appliqué depuis longtemps aux machines et générateurs fixes *(fig. 6 et 7)*.

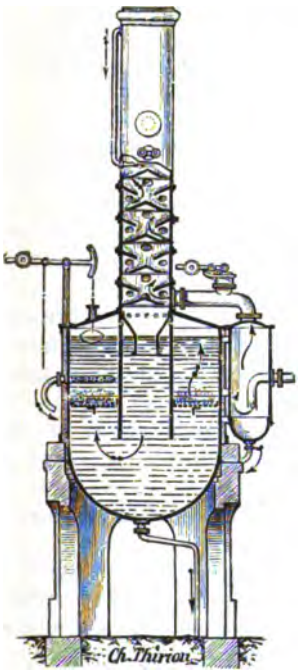


FIG. 6.

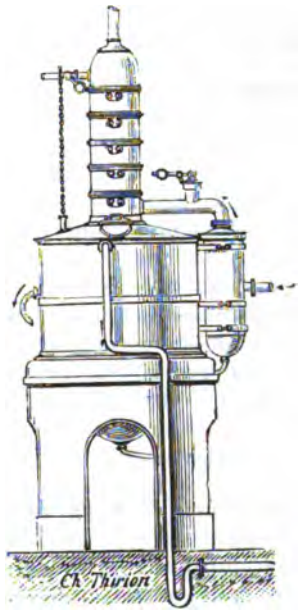


FIG. 7.

Description générale. — La vapeur d'échappement prise à la sortie des cylindres est conduite d'abord dans un récipient cylindrique appelé dégraisseur où elle se débarrasse des matières grasses provenant de la lubrification, puis dans un second récipient plus grand que le premier, appelé réchauffeur, où elle se mélange à l'eau provenant du tender, envoyée par une pompe.

L'eau chaude qui résulte de ce mélange est conduite à la chaudière par une autre pompe.

Nous allons expliquer la disposition des divers organes, adoptée dans le but d'assurer le bon fonctionnement de ces divers appareils.

Prise de vapeur à l'échappement. — Le tuyau qui prend la vapeur à la sortie des cylindres est placé à l'intérieur du tuyau d'échappement et le traverse ensuite pour se rendre au dégraisseur.

Afin de forcer la vapeur à se partager dans les deux conduites qui lui sont offertes en quittant les cylindres, le tuyau d'échappement est rétréci avant son raccordement sur la tuyère pour conserver la même section de passage.

Boîte à papillon. — La tuyère d'échappement porte des valves qui permettent de faire varier la vitesse de sortie de la vapeur en faisant varier la section d'échappement.

Pour que cette variation n'influe pas sur la quantité de vapeur prise par l'appareil réchauffeur, il est nécessaire de faire varier en même temps la section de passage du tuyau qui conduit au dégraisseur.

Pour cette raison, on a placé sur ce tuyau une boîte à papillon *a* manœuvrée par la tringle qui commande les valves d'échappement. *(Pl. 8, fig. 7, 8 et 10.)*

Dégraisseur de vapeur. — La vapeur prise ainsi aux cylindres arrive dans un récipient cylindrique ayant trois ou quatre fois le diamètre du tuyau d'amenée. *(Pl. 8, fig. 12, 13 et 15.)*

Elle est obligée à son débouché, à la partie inférieure de ce récipient appelé dégraisseur, de traverser une série de grilles à barreaux évidés *(demi-cylindriques)* avant de pénétrer dans le réchauffeur.

Ces barreaux en cuivre, appelés chicanes, sont placés en quinconce et présentent leurs parties creuses au passage de la vapeur qui, forcée à d'innombrables détours, dépose sur leur surface les matières grasses qu'elle tient en suspension.

Ces matières et l'eau grasse de condensation s'amassent à la partie inférieure où elles sont conduites au dehors, ainsi qu'on le verra plus loin.

Un autoclave permet le nettoyage du double fond du dégraisseur.

Réchauffeur. (Pl. 8, fig. 11 à 13.) — La vapeur, alors débarrassée des matières grasses, pénètre dans le réchauffeur et circule dans cet appareil à l'extérieur d'une partie cylindrique percée de trous, dans laquelle elle pénètre pour se trouver en contact de l'eau qu'elle doit réchauffer.

Cette eau, provenant du tender, arrive au réchauffeur par un tube central terminé par un ajutage et frappe avec force la surface sphérique d'une pièce placée au centre de la partie supérieure, puis retombe en gerbe sur une première vasque, sorte de cuvette dont les bords en dents de scie divisent l'eau en minces filets avant de la laisser retomber en cascade sur les vasques inférieures.

La vapeur qui arrive par les trous pratiqués autour de l'enveloppe des vasques se mélange donc bien avec les molécules de l'eau.

L'eau chaude qui provient de ce mélange se réunit à la partie inférieure du réchauffeur où elle est prise par une pompe.

Fonctionnement des pompes. — Les deux pompes *(Pl. 8, fig. 20 et 21)* sont commandées par des excentriques calés sur l'essieu moteur suivant des rayons opposés,

Le volume déplacé par le plongeur de la pompe à eau chaude est double de celui de la pompe à eau froide. Pour compenser les mauvaises conditions d'aspiration, étant donnée sa haute température, l'eau chaude a une charge d'environ 2 *m* sur le clapet dit d'aspiration de la pompe.

De telle sorte que cette charge lui permet de soulever le clapet et de remplir les corps de pompe pendant la course rétrograde du plongeur.

Quant à la pompe à eau froide, elle fonctionne dans les conditions ordinaires.

La partie extrême du tuyau de refoulement placée dans le réchauffeur est munie d'un tube intérieur sur une longueur d'environ 80 *cm* dans lequel l'eau pénètre pour sortir ensuite par un ajutage *(fig. 11, 12 et 14, b)*.

L'eau ne peut pénétrer entre les deux tubes que sur une faible hauteur, ces tubes etant réunis à leur partie supérieure par un joint étanche. L'eau qui se trouve emprisonnée et comprimée ainsi dans la partie annulaire par l'arrivée de l'eau assure à l'ajutage un écoulement régulier.

Appareils assurant le bon fonctionnement du réchauffeur. — Pour éviter les accidents qui pourraient résulter du mauvais fonctionnement de la pompe à eau chaude et qui se traduiraient par l'arrivée de l'eau froide dans les cylindres *(l'eau chaude n'étant plus extraite)*, la vapeur, pour passer du dégraisseur au réchauffeur pousse un léger clapet *(n. fig. 12)* qui se fermerait si l'eau chaude s'amoncelait dans ce dernier récipient.

Une soupape *(Pl. 8, fig. 11, 12 et 19)* placée à la partie supérieure du réchauffeur permettrait dans ce cas la sortie de l'eau. Cette soupape a une charge de 1/2 *kg* effectif *(soit égale à une colonne d'eau de 5 m)*.

Elle est de plus percée d'un trou de 8 *mm* qui forme évent. Ce trou est recouvert d'une petite sphère en ébonite formant clapet et pouvant être soulevée par une très faible pression, de sorte qu'en empêchant l'entrée de l'air extérieur, elle n'oppose pas de résistance à la sortie de l'air dissous qui se dégage de l'eau par suite de son élévation de température en arrivant au réchauffeur. *(Pl. 8, fig. 19.)*

Un tube indicateur de niveau permet de se rendre compte de la hauteur d'eau dans le réchauffeur.

Un robinet d'épreuve et d'amorçage, placé sur la boite à clapet de refoulement de la chaudière et manœuvré de la plate-forme par le machiniste sert également à constater le fonctionnement de la pompe à eau chaude.

Matières grasses provenant du dégraisseur. — Les eaux grasses de condensation qui s'amassent à la partie inférieure du dégraisseur *(Pl. 8, fig. 12 et 15)* sont conduites dans le cendrier. Le tube qui les amène est coudé en forme de siphon *(Pl. 8, z, fig. 7)* à sa partie inférieure afin d'empêcher par une garde d'eau l'entrée de l'air extérieur dans le réchauffeur.

Disposition spéciale de la prise d'air à l'avant du cendrier — Dans le

but d'augmenter la vitesse de passage d'air sous la grille, l'avant du cendrier présente, quand la porte est levée, une ouverture largement évasée.

Une tringle placée à la portée du machiniste sert à la manœuvre de cette porte et permet au moyen de crans d'arrêt d'en faire varier l'ouverture suivant les besoins. *(Fig. 2, § 1er.)*

Disposition des pompes. — Les pompes à eau froide et à eau chaude ont des clapets de forme spéciale en obus qui sont guidés par des ailettes qui se meuvent dans des rainures hélicoïdales qui leur impriment un mouvement rotatif pendant leur soulèvement.

Les figures 20 et 21 de la planche 8 représentent le détail de l'un des clapets de refoulement à eau chaude, sur lequel on dispose parfois le robinet d'épreuve et d'amorçage de la pompe à eau chaude, au lieu de le disposer en avant de la chapelle d'entrée d'eau. Ce robinet présente, comme disposition particulière, un clapet de retenue qui n'empêche pas de purger la pompe, mais s'oppose à la rentrée de l'air dans cette dernière quand elle ne fonctionne pas. Un robinet spécial de vidange permet de vider le tube de purge en cas de gelée.

Il y a ainsi une disposition spéciale du clapet de prise d'eau du tender *(Pl. 8, fig. 22 et 24)*, destinée à réaliser l'alimentation continue. C'est un clapet à longue course qui a la forme légèrement conique, ce qui permet d'offrir au passage de l'eau une section de plus en plus grande à mesure que l'on relève le clapet au moyen de la vis. Un ajutage spécial avec robinet *(Pl. 8, fig. 23, 24 et 25)* normalement ouvert, donne à l'eau un passage indépendant du clapet, dans le tuyau d'aspiration ; cet ajutage a un débit suffisant pour fournir l'eau nécessaire à la machine haut-le-pied.

Le réchauffeur est appliqué depuis l'année 1880 à douze locomotives; il est en cours d'application à cinq autres locomotives.

ANNEXE C

Note sur les expériences comparatives, faites en août et septembre 1885, sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans.

N° 398. — MUNIE DE LA CIRCULATION DE VAPEUR VIVE AUTOUR DU CYLINDRE *(Système A. Lencauchez.)*

N° 394. — MUNIE DE L'INJECTEUR MANLOVE.

N° 52. — ALIMENTÉE A L'EAU FROIDE AVEC L'INJECTEUR ORDINAIRE.

Les figures 31 à 34 de la planche 9 représentent l'ensemble de la machine à circulation de vapeur vive autour des cylindres, et les figures 16, 17 et 18, planche 9, les détails d'un cylindre.

Le système d'alimentation proprement dit est le même que dans le cas précédent. La vapeur est prise à l'échappement *(Fig. 31 à 34)* par le tuyau *i*, et, de là, se rend au réchauffeur *d*, après avoir traversé le dégraisseur *k* (pourvu de son tuyau de purge *l*, débouchant dans le cendrier par le siphon *m)*; d'un autre côté, l'eau froide arrive au sommet du réchauffeur, aspirée dans le tuyau *a* par la pompe *b* et refoulée par le tuyau *c*. L'eau réchauffée descend par le tuyau *e*, où elle est aspirée à travers deux clapets d'aspiration par la pompe *f* et refoulée par le tuyau *g* dans la chaudière. Sur le clapet de refoulement de la pompe à eau chaude est disposé un robinet *b'* de purge et d'amorçage semblable à celui représenté ci-dessus. Les robinets d'épreuve des pompes à eau froide et à eau chaude sont disposés en *c* et *c'* à la portée du mécanicien.

Les deux pompes sont commandées par un levier oscillant actionné par un seul excentrique monté sur l'arbre moteur *(Fig. 31)*.

Le système de circulation de vapeur dans les enveloppes des cylindres fonctionne de la manière suivante *(Pl. 9, fig. 31 à 34)* : un branchement *w*, sur la conduite d'admission, permet à une partie de la vapeur sortant de la chaudière, pour se rendre aux cylindres, de pénétrer dans les enveloppes, y remplir son rôle de réchauffeur, et de sortir par le tuyau *n;* les deux tuyaux *n* se réunissent en un seul *p*, dans lequel la pompe de purge *q (montée sur la même tige que la pompe à eau chaude f)* vient aspirer la vapeur pour la refouler dans la chaudière par le raccord *r*, le récipient *s* et le tuyau *t*.

La réunion des tuyaux de refoulement de vapeur *t* et d'eau chaude *g*, pour leur entrée dans la chaudière, se fait dans une boite *u (Fig. 31)*, représentée en détail. *(Pl. 8, fig. 28, 29 et 30.)* L'eau et la vapeur arrivent par leurs conduites respectives *g* et *t*, en soulevant des clapets; l'eau pénètre directement dans le raccord de la chapelle d'entrée d'eau, tandis que la vapeur, après avoir traversé la chapelle du tuyau *t*, fait un coude pour pénétrer par un ajutage dans le raccord de la chapelle d'entrée d'eau et y fait l'office d'un ajutage convergent d'injecteur, la partie antérieure du raccord ayant la forme d'un cône divergent. Cet ajutage est représenté en coupe *(fig. 28)*; on a ménagé entre la vapeur et l'eau une sorte de chambre d'air *(que l'on peut également remplir de tresse de coton, par exemple)*, afin de mieux isoler les deux jets.

Afin d'éviter la projection de la veine liquide d'alimentation sur les tubes, ce qui encrasse ces derniers tout autour de l'orifice du raccord de la chapelle d'entrée d'eau, on a disposé sur ce dernier une tôle déflecteur, qui renvoie l'eau parallèlement aux parois du corps cylindrique. *(Voir Pl. 8, fig. 26, 27 et 30.)*

La disposition des pompes *f* à eau chaude et *q* de purge, montées pour la même tige faisant double plongeur, est telle que l'une d'elles aspire quand l'autre refoule, et *vice versa;* on profite de cette particularité de l'installation pour régulariser le débit de l'un et l'autre tuyau de refoulement au moyen d'un appareil régulateur représenté en *h (Pl. 9, fig. 31 et 32)*, et reliant les deux conduites de refoulement *g* et *t*.

Ce régulateur consiste en un piston cannelé qui se meut dans un cylindre alésé reliant les deux conduites de refoulement *g* et *t;* c piston creux, terminé en pointe du côté de la conduite d'eau, est limité dans sa course par deux butées placées une de chaque côté, comme on peut voir sur la figure 8; il se déplace de manière à augmenter le volume de

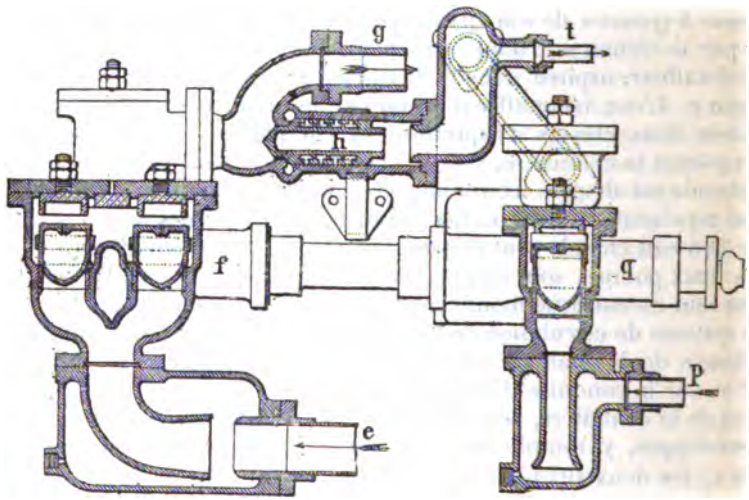


Fig. 8.

la conduite où s'opère le refoulement, tout en diminuant celui de l'autre conduite *(le volume déplacé est de trois quarts de litre environ)*. Cette disposition a pour effet de régulariser la pression sur la conduite de refoulement de manière que ses variations n'excèdent pas 1 *kg* par centimètre carré (1/2 *kg* au-dessus et 1/2 *kg* au-dessous de la pression de la chaudière).

Cinq machines à voyageurs express, à quatre essieux couplés, ont été pourvues de ce système de réchauffage et de circulation.

Au point de vue de la régularité du fonctionnement, les appareils à circulation de vapeur dans les enveloppes n'ont pas donné, en pratique, de bons résultats; cela tient à ce que, pour leur fonctionnement, il faut *(ce qui est, d'ailleurs, assez rationnel)* que la pression de la chaudière règne dans les enveloppes, afin que le refoulement de la vapeur

s'opère dans de bonnes conditions. Si, pour une raison quelconque, le mécanicien vient à étrangler avec le régulateur l'admission dans les cylindres, il étrangle en même temps l'admission dans les enveloppes ; le refoulement de la vapeur ne peut plus s'opérer qu'irrégulièrement, par à-coups, et il en résulte des chocs qui ont généralement pour conséquence la rupture de la conduite de refoulement et des joints.

Ces inconvénients ne se produiraient très probablement pas, si la prise de vapeur des enveloppes était indépendante de celle des cylindres, ainsi que l'indique le dessin de la planche 9, figures 35, 36 et 37, car alors l'admission dans les premières ne pourrait être étranglée et il y régnerait constamment la pression de la chaudière. Ce régulateur cylindrique est sur la même tige que le régulateur principal et doit être ouvert en grand quand le régulateur principal d'admission aux cylindres commence à ouvrir seulement.

Il eût fallu aussi employer des enveloppes en fonte douce recuite, pour augmenter leur élasticité et diminuer leurs chances de ruptures, avec tables rapportées en fonte trempée ; la plupart des enveloppes se sont, en effet, fendues, par suite de leur inégalité de dilatation avec les cylindres.

Nous donnons ci-après un tableau indiquant les résultats obtenus dans des expériences comparatives de traction effectuées entre Saint-Pierre-des-Corps et les Aubrais, en août-septembre 1885, afin d'établir les avantages de l'alimentation à l'eau chaude par le système de circulation de vapeur vive dans les enveloppes des cylindres, appliqué concurremment avec les réchauffeurs et pompes Lencauchez, d'une part, et avec l'injecteur Manlove, d'autre part, sur le système d'alimentation par la pompe et l'injecteur Bouvret ordinaires.

Toutefois, il semble que les chiffres indiqués dans ce tableau ne doivent pas être considérés comme absolus, car ils ne sont que le résultat d'une seule expérience ; néanmoins, ils établissent nettement la supériorité de l'alimentation à l'eau chaude.

La circulation de vapeur donnerait une économie de 5 0/0 d'eau et 1,5 0/0 de combustible ; cette dernière économie a été évaluée par le calcul, mais n'a pu être observée en service.

Les locomotives soumises aux essais étaient des locomotives express à roues de 2 *m* de diamètre, dont les dimensions principales sont les suivantes :

Surface de grille	1,67 m^2
Surface de chauffe directe *(y compris le bouilleur Ten Brinck)*	10,96
Surface de chauffe indirecte	138,28
Surface de chauffe totale	149,24
Longueur des tubes	5,000 *m*
Diamètre des cylindres, locom. 394 et 398	0,450
— — locom. 52	0,440
Courses des pistons	0,650
Timbre de la chaudière	10,000 *kg*

Ces chaudières étaient pourvues du système Ten Brinck *(qui comporte le bouilleur fumivore et le chargement continu du combustible)* et de tiroirs à double introduction.

Les dimensions principales des pompes montées, tant sur les locomotives soumises aux essais que sur la locomotive à voyageurs 473, à roues de 1,80 *m*, sont les suivantes :

		COURSE du PLONGEUR	DIAMÈTRE du PLONGEUR	DIAMÈTRE des CLAPETS	COURSE des CLAPETS
		mm	*mm*	*mm*	*mm*
Pompes Lencauchez de la loc. 398.	Pompe à eau froide. .	155	70	95	9 à 10 (1)
	Pompe à eau chaude.	155	100	100	—
	Pompe de circulation.	155	100-55 (2)	100	—
Pompes jumelles (3) de circulation de la loc. 394.		120	90	70	5
Pompe alimentaire de la loc. 52		125	100	100	12
Pompes Lencauchez de la loc. 473.	Pompe à eau froide .	100	76	95	9
	Pompe à eau chaude.	122	98	100	12

(1) Depuis ces expériences, on a constaté qu'en réduisant la course des deux clapets d'aspiration de la pompe à eau chaude de 10 *mm* à 5 et même 4 *mm*, le rendement et la régularité du fonctionnement de la pompe augmentent d'une manière notable.

(2) Le plongeur de la pompe de circulation, prolongement de celui de la pompe à eau chaude *(comme nous l'avons dit dans la description)*, traverse complètement le corps de la pompe ; il a donc deux diamètres, et sa section utile est la différence des deux sections.

(3) Il y a une pompe de circulation pour chaque cylindre ; les deux plongeurs sont sur le prolongement l'un de l'autre et commandés par le même boulon d'attache, situé entre les deux corps de pompe.

Le combustible employé était de la briquette de première qualité *(8000 calories par kilogramme environ)* : la vaporisation a été en moyenne de 10 800 *kg* d'eau par kilogramme de briquette pendant l'alimentation à l'eau froide, et de 12 420 *kg* pendant l'alimentation à l'eau chaude *(l'eau entraînée entrait, dans les deux cas, pour une proportion de 20 0/0 environ)* (1). La plus forte consommation de combustible a été de 780 *kg* de briquettes par heure, soit 487,50 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure *(sans production de fumée)*. La plus forte production de vapeur avec l'alimentation à l'eau chaude a été de 7 850 *kg* par heure, soit 54 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Observations sur les pompes. — Dans les machines à petite vitesse, les pompes peuvent être conduites d'une manière très satisfaisante par le mouvement même de la machine ; dans les machines à grande vitesse, il convient ordinairement de ne pas dépasser 180 tours, soit 360 coups de piston par minute ; cependant, celles du chemin de fer d'Orléans mar-

(1) Les productions de vapeur sèche sont respectivement ramenées à 8 640 et 9 936 *kg* ; en supposant la température initiale de l'eau d'alimentation à 14°, les pertes de chaleur par l'entraînement d'eau sont respectivement de 2,16 (184-14) = 367 et 2,48 (184-14) = 422 calories ; à cette pression la chaleur totale de la vapeur sèche étant de 663 calories environ, ces pertes de chaleur correspondent à des productions de vapeur sèche de 0,553 et 0,636 *kg* par kilogramme de briquettes consommées par le foyer.

chent parfaitement à 200 tours par minute; quand on dépasse cette vitesse, il convient de commander les pompes par des moteurs spéciaux.

Pour un fonctionnement convenable des pompes à eau chaude, il faut que le volume engendré par la pompe à eau chaude soit double de celui des pompes à eau froide.

Pour plus de sécurité, les corps de pompe doivent être en fonte recuite, en acier fondu, moulé, recuit ou en bronze.

On avait craint, dès le début, qu'en enlevant une partie de la vapeur à l'échappement, le tirage et, par suite, la puissance de vaporisation de la chaudière ne fussent diminués; l'expérience a démontré que la machine conserve son tirage et sa puissance de vaporisation, si on serre légèrement l'échappement *(en réduisant la section d'un cinquième environ)*, de manière à augmenter la vitesse d'écoulement de la vapeur; par cet excès de vitesse, on restitue ainsi, comme activité, à la vapeur qui produit le tirage, ce qu'elle a perdu par la diminution de sa masse.

On a trouvé qu'on peut distraire un sixième à un cinquième de la vapeur d'échappement à une locomotive, sans que son tirage et sa puissance de vaporisation soient diminués; la puissance de vaporisation est, au contraire, augmentée par l'alimentation à l'eau chaude, ainsi que l'indiquent les tableaux comparatifs ci-dessous.

On a, d'ailleurs, procédé à des essais de vaporisation sur des locomotives à voyageurs du type de celles qui ont servi aux essais d'août-septembre 1885 (1,60 m^2 de surface de grille et 145 m^2 de surface de chauffe totale timbrées à 9 ou à 10 *kg)*: on opérait, pendant une marche régulière, à 80 *km* à l'heure, sur des trains express ou rapides dont la composition variait entre 11 et 15 voitures, et on a trouvé les résultats consignés dans le tableau suivant :

Résultat des expériences de dépense d'eau entre Paris et Orléans pour trains rapides et express.

APPAREILS D'ALIMENTATION	TRAINS	DATES	COMPOSITION DES TRAINS		DÉPENSE D'EAU		TEMPS GAGNÉ en MARCHE
			TONNAGE	NOMBRE de voitures	RÉELLE	MOYENNE	
Injecteur.	7	18 avril	133 *t*	11	8 525 *l*	8 400	1′
	34	18 —	153	11	8 480		1′
	34	19 —	133	11	8 200		2′
Pompes et réchauffeur. . . . . (avec circulation de vapeur autour des cylindres).	7	16 —	150	11	7 050	7 110	1′
	34	16 —	166	12	7 000		1′
	34	17 —	151	11	7 290		1′
Injecteur.	5	19 avril	193	15	9 925	9 925	1′
Pompes et réchauffeur. . . . . (avec circulation de vapeur autour des cylindres).	5	17 —	196	15	8 470	8 470	1′

N. B. — L'économie d'eau est donc de 15 0/0 en moyenne en faveur de l'alimentation à l'eau chaude combinée avec la circulation de la vapeur dans les enveloppes.

ESSAIS DE TIRAGE DANS LA BOITE A FUMÉE DE LA MACHINE A MARCHANDISES 1158

Trains 419 du 14 et du 15 décembre 1883.

STATIONS	ADMISSION	PRESSION	VITESSE	SERRAGE de L'ÉCHAPPEMENT	DÉPRESSIONS dans LA BOITE à fumée
	0/0	*kg*	*km*		*mm*
Coutras	20	8	30	2 crans de serrage.	40
	20	**8**	**30**	Id.	**35**
Saint-Médard . .					
	15	8	38	2 crans de serrage.	46
	15	**8**	**38**	Id.	**40**
Soubie.					
	15	8	30	2 crans de serrage.	46
	15	**8**	**30**	Id.	**40**
Montpont					
	15	8	35 à 40	3 crans de serrage.	48
	15	**8**	**35 à 40**	Id.	**40**
Beaupouyet . . .					
	15	8	32	3 crans de serrage.	50
	15	**8**	35	Id.	**42**
Mussidan					

Trains 718 du 17 et du 13 décembre 1883.

STATIONS	ADMISSION	PRESSION	VITESSE	SERRAGE de L'ÉCHAPPEMENT	DÉPRESSIONS dans LA BOITE à fumée
	0/0	*kg*	*km*		*mm*
Périgueux. . . .	20	8	55	Ouvert en grand.	44
Château-Lévêque.	**20**	**8**	**35**	Id.	**36**
Agouac					
	40	8	20	2 crans de serrage.	80
	40	**8**	**20**	Id.	60
Négrondes. . . .					
	35	8	15	4 crans de serrage.	70
	35	**8**	**15**	Id.	**60**
	30	8	18	Id.	76
	30	**8**	**18**	Id.	**70**
Thiviers.					
	35	8	12 à 15	3 crans de serrage.	64
	35	**8**	**12 à 15**	Id.	**50**
	38	8	20	Id.	85
	38	**8**	**20**	Id.	**70**
La Coquille . . .					
	35	8	18	4 crans de serrage.	86
	35	**8**	**18**	Id.	**62**
Bussière-Galant. .					

N. B. — Les chiffres ordinaires concernent l'alimentation à l'eau froide. Les chiffres noirs concernent l'alimentation avec le réchauffeur.

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous, un grand nombre d'essais sur diverses machines munies du réchauffeur d'eau d'alimentation à 100°, appliqué aux machines à voyageurs faisant les trains express et rapides; ces essais avaient pour but de nous faire connaître les relations à grandes vitesses, entre: 1° la pression à l'échappement; 2° l'aspiration dans les boites à fumée et à feu; 3° la dépression ou la pression dans le cendrier, son clapet faisant manche à vent; 4° la température des gaz brûlés *(fumée)* dans la boite à fumée; 5° et enfin la production de vapeur. Les dits essais et observations qui leur ont fait suite ont bien fait voir tous les avantages que peut donner l'alimentation à 95 et 97°.

PRESSION EFFECTIVE de la vapeur d'échappement mesurée dans le réchauffeur exprimée en colonne d'eau	DÉPRESSION ou vide correspondant exprimée en colonne d'eau		PRESSION DU VENT AU CENDRIER (1) par temps calme et à la vitesse moyenne de 80 *km* à l'heure	TEMPÉRATURE dans la BOITE A FUMÉE (2)	VAPORISATION TOTALE (4) ou eau consommée par heure en kilogr.	VAPORISATION ou eau consommée par m^2 de surface de chauffe et par heure
	dans la boite à fumée	dans la boite à feu				
m	*m*	*m*	*m*	(3)	*kg*	*kg*
5,0	0,120	0,060	— 0,010	412° = 184° + 288°	7 250	49 à 50
4,5	0,115	0,053	— 0,006	393 = » + 209	6 900	47
4,0	0,098	0,045	0,000	375 = » + 191	6 520	45
3,5	0,093	0,043	+ 0,005	358 = » + 174	6 150	42
3,0	0,086	0,041	+ 0,010	342 = » + 158	5 600	39
2,5	0,080	0,037	+ 0,018	327 = » + 143	5 225	36
2,0	0,070	0,033	+ 0,025	313 = » + 129	4 250	34
1,5	0,063	0,030	+ 0,031	300 = » + 116	4 600	32
1,0	0,052	0,025	+ 0,036	288 = » + 104	4 350	29
0,75	0,041	0,020	+ 0,038	277 = » + 93	3 900	27
0,6	0,032	0,016	+ 0,041	267 = » + 83	3 500	24
0,4	0,020	0,010	+ 0,045	258 = » + 74	3 200	22
0,3	0,010	0,005	+ 0,050	250 = » + 66	2 900	20

(1) La porte d'avant du cendrier faisait manche à vent quand elle était relevée *(dispositions de M. Lencauchez)*.

(2) La température dans la boite à fumée était prise avec des thermomètres à mercure jusqu'à 320°, et au delà, avec des pastilles de métaux ou d'alliages fusibles *(jamais on n'a atteint la température de fusion du zinc, 428°)*.

(3) 184°, température dans la chaudière à la pression de 10 *kg*.

(4) Ces vaporisations se rapportent à l'alimentation à l'eau chaude, 97° environ.

EXPÉRIENCES COM

Fin Août 1885 et commencement de Septembre 1885

Entre Saint-Pie

Charge normale des trains à 75 *km*. . . . . 145 t
Temps alloué. 93

NUMÉROS DES LOCOMOTIVES	CONDITIONS DE LA MARCHE	DÉPENSE D'EAU ET DE COMBUSTIBLE				
		DURÉE DU PARCOURS	COMBUSTIBLE BRULÉ	ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE	EAU DÉPENSÉE	ÉCONOMIE D'EAU
		minutes	kilogr.	0/0	litres	
398	Alimentation à l'eau chaude au moyen de pompe. Circulation de vapeur vive autour des cylindres. . .	98	975	19,4	9615	13.7
394	Alimentation à l'eau chaude au moyen de l'injecteur Manlove. Circulation de vapeur vive autour des cylindres.	98	1110	8,2	5230 (de St-Pierre à Blois.)	8,5
52	Alimentation à l'eau froide au moyen de pompe. . .	96	1210 (Les dépenses de la locomotive 52 ont été prises comme termes de comparaison.)	»	11150	»
398	Alimentation à l'injecteur Bouvret, sans réchauffage ni circulation de vapeur autour des cylindres. . .	103	1050	13,2	11340	— 1,6 (Excédent de dép sur la locomotive
394	Alimentation à l'injecteur Bouvret, sans réchauffage ni circulation de vapeur autour des cylindres. . .	98	1310	— 8,2 (Excédent de dépense sur la locomotive 52.)	11710	— 4,9 (Excédent de dép sur la locomotive

.TIVES DE TRACTION

:orps et les Aubrais.

Distance : 114 *km.*
Profil classé en rampe de 3,5 *mm*
Rampe maxima : 5 *mm*
Charge du train d'expérience : 240 *t*, en 21 véhicules.

FLUENCE DE LA CIRCULATION DE VAPEUR VIVE LEVÉE D'APRÈS LES DIAGRAMMES			UTILISATION DU TRAVAIL PRODUIT D'APRÈS LA COMPARAISON ENTRE LES DIAGRAMMES ET LES COURBES DU DYNAMOMÈTRE								
RAPPORT DE LA SURFACE DU DIAGRAMME A CELLE DU RECTANGLE UNITÉ	AUGMENTATION DE PUISSANCE DUE A LA CIRCULATION 0/0		TRAVAIL TOTAL DANS LES CYLINDRES OU TRAVAIL INDIQUÉ	TRAVAIL UTILISÉ POUR REMORQUER LE TRAIN	TRAVAIL ABSORBÉ PAR LA LOCOMOTIVE ET LE TENDER			RAPPORTS AU TRAVAIL INDIQUÉ DU TRAVAIL			
					total	en roulements	en frottements	UTILISÉ POUR REMORQUER LE TRAIN	ABSORBÉ PAR LA LOCOMOTIVE ET LE TENDER		
									total	en roulements	en frottements
			chev.	chev.	chev.	chev.	chev.				
mission : 3,75 — 0,395 0,00 — 0,414	2,7	3,05	574,3	344,6	229,7	91,8	137,9	0,609	0,391	0,166	0,225
mission : 3,65 — 0,385 3,75 — 0,3898	3,4		536,6	322,0	214,6	83,8	128,8	0,602	0,398	0,157	0,241
»	»		547,6	328,6	219,0	87,6	131,4	0,604	0,396	0,161	0,235
mission : 3,75 — 0,380 0,00 — 0,4108	»		561,5	336,9	224,6	89,8	134,8	0,585	0,415	0,160	0,255
mission : 3,65 — 0,359 3,75 — 0,3912	»		579,1	347,5	231,6	92,6	139,0	0,603	0,397	0,157	0,240
MOYENNES.			559,8	335,9	223,7	89,1	134,4	0,600	0,399	0,160	0,240

ANNEXE D

Note sur le détendeur automatique de vapeur pour locomotive, disposé pour admettre à 10 *kg* dans les cylindres la vapeur produite à 16 *kg* dans la chaudière.

(Pl. 9, fig. 38, 39 et 40.)

Lorsque le remplacement total d'anciennes chaudières de locomotives est devenu nécessaire, par suite d'usure résultant d'un long service, il est avantageux de construire les nouvelles chaudières avec un timbre plus élevé, afin de mettre la puissance de traction de ces locomotives, qu'on refait alors à l'état neuf, en rapport avec les nécessités du trafic.

Mais, d'un autre côté, on ne peut admettre la vapeur dans les cylindres à une pression beaucoup plus forte que celle d'origine sans fatiguer outre mesure le mécanisme qui n'a pas été établi pour des efforts correspondant à cette nouvelle pression.

L'emploi du détendeur automatique de vapeur pour locomotive, qui est en application d'essai à la Compagnie d'Orléans, permet de concilier ces deux conditions opposées, c'est-à-dire d'augmenter de beaucoup le timbre des chaudières reconstruites, soit de 8 ou 9 *kg* à 15 *kg*, tout en faisant travailler les pièces du mécanisme à peu près dans les conditions pour lesquelles elles ont été établies.

Cet appareil peut encore être employé, en principe, lors de la construction des locomotives, dans le but d'augmenter leur puissance de traction sans les établir avec des chaudières très grandes ou des organes de mouvement de fortes dimensions, augmentant démesurément leur poids. Dans de bonnes conditions, on marcherait à 15 ou 16 *kg;* avec de la vapeur détendue, à 12 ou 13 *kg*.

Enfin, son emploi, permettant d'accumuler dans la chaudière une très grande quantité de chaleur, peut donner plus de ressources pour faire face aux dépenses de vapeur anormales, nécessitées par une marche difficile ou pour remonter de longues rampes.

Ce détendeur se compose en principe d'un cylindre vertical, interposé sur la conduite de vapeur, dans lequel se déplace automatiquement un piston qui ouvre ou ferme l'orifice de passage de la vapeur, suivant que la pression diminue ou augmente dans la conduite en dessous de lui.

Pour que le piston se déplace automatiquement dans le sens nécessaire, par l'effet de la pression dans ce cylindre, il est percé de trous dans sa partie médiane afin que la vapeur afflue sur ses deux faces et ne produise ainsi un effort que sur leur différence de surface qui est égale à la section de la tige, et cette tige est reliée à un ressort antagoniste qui par sa bande fait équilibre à l'effort qu'elle supporte.

Par ces dispositions, lorsque la pression augmente dans la conduite de vapeur à la suite du détendeur, le ressort fléchit et fait descendre le piston qui ferme ainsi l'orifice de passage de vapeur, tandis qu'au contraire, il ouvre cet orifice lorsque la pression diminue et qu'il est soulevé par l'effet de la bande initiale du ressort.

Le ressort antagoniste est à pincette, et sa flexibilité est très grande afin de produire un débit variable suivant les besoins.

La section de la tige du piston est relativement petite pour que les forces à équilibrer, les chocs et les oscillations soient peu considérables.

L'attache de la tige et du resssort est faite avec deux vis à pas contraires et un manchon à écrou pour faciliter le réglage de la pression d'admission aux cylindres par la bande initiale du ressort.

Le presse-étoupe forme un joint hydraulique à frottement réduit au moyen de cannelures faites sur la tige et d'un tuyau recourbé pour l'évacuation des fuites d'eau de condensation à la cheminée.

L'ouverture de l'orifice de passage de vapeur se fait progressivement par l'effet des dents à forme triangulaire dont la partie inférieure du piston est munie ; un ressort à boudin placé sur le piston sert à amortir les chocs qui peuvent se produire sur le plateau supérieur du cylindre.

Le tuyau de conduite de vapeur, à la suite du détendeur, pénètre dans la chaudière et se divise en sept tuyaux de cuivre rouge, pour que la vapeur détendue soit surchauffée ou mieux séchée par la chaleur de la vapeur à l'intérieur de la chaudière, avant d'arriver aux cylindres.

Mais un des effets les plus remarquables serait très probablement celui de la circulation de la vapeur dans des enveloppes à 3 ou 4 *kg* au-dessus de la pression d'admission dans les cylindres, car on aurait ainsi une différence de 8 à 10°, qui formerait la surchauffe la plus pratique que l'on puisse jamais réaliser.

En résumé, la locomotive de la Compagnie d'Orléans qui porte le détendeur, objet de cette description, est en essai depuis trois mois et continue à marcher en service régulier de la façon la plus satisfaisante; l'augmentation de puissance est très nettement accusée; l'échappement variable, cause de tant d'abus, devient inutile.

ANNEXE E

Système de distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant ***(MM. Durant et Lencauchez).***

OBJET

Les dispositions présentées ont pour objet d'améliorer les conditions actuelles du fonctionnement de la vapeur dont la distribution se fait au moyen de coulisses et de tiroirs dans les cylindres des machines à vapeur en général et spécialement dans ceux des machines locomotives.

Ces dispositions ont pour conséquence de diminuer la quantité de combustible consommé par cheval, tant par la meilleure utilisation de la vapeur dans les cylindres que par la diminution du frottement des organes.

EXPOSÉ

Si l'on examine les conditions dans lesquelles se produisent les différentes phases d'une distribution par coulisse et avec un seul tiroir, on constate que le degré d'admission de la vapeur et le degré d'avance à l'échappement sont fatalement liés entre eux et qu'à une forte admission correspond une faible avance à l'échappement, tandis que cette dernière croit avec la diminution de l'admission jusqu'à devenir, au point mort, égale à la moitié de la course du piston; il en résulte que la vapeur commence à s'échapper dans l'atmosphère bien avant d'avoir épuisé toute sa force expansive.

Pour fixer les idées, calculant la perte qui provient théoriquement de ce fait; au point mort, aux environs duquel on marche au service des trains de voyageurs sur les profils faciles, l'admission est de 10 0/0 environ; l'espace nuisible représentant de chaque côté du piston un volume moyen de 8 0/0, l'admission au point mort représente 18 0/0 du volume engendré par le piston; l'échappement commençant à moitié de la course, l'expansion possible est de $50 + 8$, soit 58 divisé par 18, soit 3 volumes 2; c'est-à-dire que si la vapeur d'admission a une pression de 10 *kg*, cette vapeur commence à s'échapper à 3,1 *kg*, et il est à remarquer que la perte qui résulte de cette évacuation anticipée dans l'atmosphère de la vapeur à haute pression sera d'autant plus grande que le timbre sera élevé; or, il y a tendance à porter le timbre à 12 et 13 *kg*. On comprend donc tout l'intérêt qu'il y a à faire commencer l'échappement le plus près possible de la fin de la course du piston, tout en permettant à la vapeur de s'échapper sans produire de contre-pression.

On peut arriver à ce résultat en rendant l'introduction et l'échappement indépendants l'un de l'autre, le tiroir ordinaire modifié continuant à fonctionner pour l'admission et la détente dans des conditions analogues à celles actuelles au moyen, par exemple, de deux excentriques actionnant la coulisse, et le tiroir spécial à l'échappement recevant un mouve-

ment alternatif au moyen d'une des dispositions qui seront décrites plus loin.

Cette combinaison permet de réaliser, en les améliorant, toutes les phases des distributions actuelles; elle présente, en outre, l'avantage de donner à volonté à l'échappement anticipé un degré fixe qui peut être réduit autant que le permet l'évacuation de la vapeur, dont la durée peut varier suivant la vitesse du piston. En outre, la compression peut être fixe aussi ou variable, suivant les combinaisons cinématiques qui seront indiquées ci-après, et telle qu'à chaque nouvelle cylindrée de vapeur la compression aura rempli l'espace nuisible de vapeur à la pression de la chaudière et la vapeur vive viendra s'y mélanger, sans perte de charge, dans un milieu réchauffé par le travail de la compression. De plus, dans ces conditions, l'avance linéaire, qui est ordinairement de 5 à 6 *cm*, pourra être réduite à 3 ou 4, et il sera possible alors d'admettre à 5 ou 6 0/0; l'espace nuisible, qui est actuellement de 8 0/0 au minimum, peut être lui-même réduit à 4 0/0 par suite de la possibilité de placer les tiroirs près du fond.

L'admission minimum pourra donc être de 10 0/0 (= 6 + 4) et la vapeur se détendra dans un volume de 75 + 4, soit 79. L'expansion pourra donc être de 7,9, soit 8 volumes en chiffre rond. La vapeur étant théoriquement introduite à 10 *kg*, s'échappera donc théoriquement à 1,25 *kg* au lieu de 3,2 *kg* indiqués ci-dessus. L'avantage théorique sera donc de 3,20 — 1,25, soit 1,95 *kg*. Ce chiffre, comparé à celui qui correspond actuellement à la pression utilisée, qui est théoriquement de 10 — 3,2, soit 6,8, représente une très notable économie (*plus de 25 0/0*).

Évidemment, dans la pratique, par suite des condensations et des vaporisations qui résultent des chutes de pression et des refroidissements, et par suite de la grande vitesse des pistons, les choses ne se passent pas conformément aux considérations théoriques; mais il n'en est pas moins évident que, toutes choses égales d'ailleurs, il doit y avoir un avantage économique :

1° A prolonger la période de détente;

2° A augmenter la compression jusqu'à remplir les espaces nuisibles à la pression du timbre;

3° A diminuer l'espace nuisible.

Car toutes ces conditions concourent à une meilleure utilisation de la vapeur.

L'économie théorique étant évaluée à 25 0/0, il y a lieu de se demander dans quelles conditions pratiques se fait aujourd'hui, pour les locomotives, l'emploi de la vapeur par rapport à son utilisation complète. D'après Zeuner, une machine, sans condensation, parfaite, c'est-à-dire dans laquelle la vapeur serait utilisée jusqu'à 100° et sans refroidissement ni chute de pression, doit consommer 7,5 *kg* de vapeur par cheval et par heure. Or, pour le timbre de 10 *kg*, les expériences faites sur les locomotives au moyen de dynamomètres et d'indicateurs et en jaugeant l'eau dépensée, ont permis de constater que la quantité de vapeur consommée par cheval et par heure n'est pas inférieure à 14 *kg*. Le rendement de l'utilisation de la vapeur étant donc actuellement de 50 0/0

environ, il ne paraît pas impossible de pouvoir l'améliorer d'une façon sensible.

Indépendamment des avantages précités, qu'on peut appeler thermiques et qui, de même que ceux recherchés par les dispositions compound, doivent tendre au rendement adiabatique de la vapeur, la disposition présentée en possède d'autres à divers points de vue.

Elle facilite la manœuvre du changement de marche pour les pressions très élevées, sans qu'il soit besoin de recouvrer l'emploi du servo-moteur; la course et la surface des tiroirs peuvent être réduites et les tiroirs sont presque équilibrés. Le travail du frottement est donc diminué, l'effort à exercer sur le volant de changement de marche est diminué dans la même proportion, ce qui constitue un notable avantage, surtout au point de vue de la marche rapide à contresens, en cas d'arrêt urgent. Dans cette marche à contre-vapeur, l'action retardatrice est augmentée. La disposition de tiroirs d'échappement à la partie inférieure du cylindre permet la purge naturelle par l'échappement et la suppression ou tout au moins l'emploi moins fréquent des purgeurs.

Le démarrage peut être assuré par une admission limite de 80 0/0.

Enfin, il n'y a plus à craindre que la vapeur d'admission soit condensée par suite du contact des parois des lumières d'échappement; il y aura donc probablement moins d'eau entraînée dans le cylindre.

Les tiroirs d'admission et d'échappement peuvent présenter, en outre, une forme spéciale ayant pour effet de permettre à la vapeur de s'introduire dans le cylindre de chaque côté des lumières. La quantité de vapeur introduite ou expulsée pendant le même temps sera donc augmentée, et la chute de pression à l'introduction que l'on constate à grande vitesse et la contre-pression seront atténuées notablement.

Différentes dispositions essayées.

APPLICATION D'UN DISPOSITIF DONNANT UNE AVANCE A L'ÉCHAPPEMENT ET UNE COMPRESSION FIXE

Dans cette combinaison les tiroirs d'échappement sont commandés par la tige du piston.

Deux types ont été essayés :

(a) Celui où les tiroirs d'admission et d'échappement sont à glace plane *(voir la planche 9, fig. 41 à 46)* et *b)* celui où les tiroirs d'admission seuls sont à glace plane, les tiroirs d'échappement sont cylindriques. *(Voir la planche 9, fig. 47 à 53.)*

EXAMEN DU PREMIER TYPE *(Pl. 9, fig. 41 à 46)*.

Le tiroir de distribution de vapeur reçoit le mouvement par l'intermédiaire de la coulisse qui, ici, est celle de Gooch ; il donne les mêmes phases d'admission que les tiroirs ordinaires, mais il présente certaines particularités de construction qui ont pour objet d'en faciliter la conduite par un équilibre partiel de la pression qui agit sur lui et de doubler la

section de lumière d'introduction. A cet effet, la table du cylindre présente, entre les deux lumières aboutissant à chaque fond de cylindre, une encoche qui est en communication avec la boite de vapeur. De plus, deux encoches pratiquées dans le tiroir permettent à la vapeur d'y pénétrer quand elles se présentent au-dessus des encoches ou des lumières de la table du cylindre. On conçoit donc que le tiroir ne supporte plus que la pression qui correspond aux parties en contact avec la table du cylindre, il est déchargé d'environ 50 0/0. En outre, les encoches, ainsi que l'indiquent les flèches du dessin qui figure sur la planche 9, fig. 55, permettent à la vapeur de pénétrer dans le cylindre par deux orifices.

Le tableau ci-dessous *(a)* indique toutes les dimensions et les phases de cette distribution dans laquelle l'avance à l'échappement est invariablement de 22 0/0 pour les diverses admissions et la compression de 78 0/0. La durée de l'échappement est donc de 44 0/0 seulement de la course du piston, tandis que habituellement cette durée est égale à la course du piston. La détente est prolongée jusqu'à 18 0/0 pour toutes les admissions.

(a)

LOCOMOTIVE N° 67

(Avril 1888. Annexe E, Planche IX, Fig. 55.)

Distribution à échappement fixe (1re disposition essayée). — Tiroir d'admission et d'échappement plans. Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 11	Sur les points d'attache des barres 10	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 8	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 6	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 4	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 2	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 1
Avance linéaire	6 *mm* 6 *mm*	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6
Avance à l'admission. .	1/8 1/2 / 100	1/8 3/8 / 100	1/8 1 / 100	1/2 1/8 / 100	1/2 1 1/8 / 100	3/8 2 / 100	1 1/8 2 / 100	1 3/8 3 / 100	2 3/8 4 / 100	4 1/4 6 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	0,3 / 100	0,5 / 100	0,6 / 100	0.8 / 100	0,8 / 100	1,3 / 100	1,6 / 100	2,3 / 100	3,3 / 100	5 / 100	8 / 100
Ouverture maximum. .	39 1/2 34 1/2	28 1/2 24 1/2	25 21	20 1/2 18	17 1/4 15	14 12 1/2	11 10 1/2	9 9	7 1/4 7 1/8	6 1/2 6 1/2	6 6
Moyenne.	37 *mm*	26,5	23	19 3/8	16	13 1/8	10 7/8	9	7 1/8	6 1/2	6
Durée de l'admission. .	7 1/8 78 1/2 / 100	64 1/2 70 1/2 / 100	60 65 1/2 / 100	55 1/8 61 / 100	51 3/8 52 / 100	42 45 / 100	31 1/8 37 / 100	26 28 1/8 / 100	17 1/2 21 / 100	11 3/8 16,5 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	76 1/8 / 100	67 1/2 / 100	62 3/8 / 100	58 / 100	51 5/8 / 100	43 1/2 / 100	35 3/8 / 100	27 / 100	19 1/8 / 100	14 / 100	8 / 100
Course.	136 *mm*	115 *mm*	108	100 1/2	94	88,5	83,5	80	76 1/2	75	74

MARCHE EN ARRIÈRE

A 170 *mm* du milieu de la coulisse 1	Sur les points d'attache des barres 2	A 170 *mm* du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 4	A 170 *mm* du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 6	A 170 *mm* du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 8	A 170 *mm* du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 10	A 170 *mm* du milieu de la coulisse 11	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	Avance linéaire.
7 9/100	4½ 6⅜/100	3 5/100	2 3⅛/100	1⅛ 2½/100	⅜ 2/100	½ 1½/100	¼ 1⅛/100	⅛ 1⅛/100	⅛ 1/100	⅛ ½/100	Avance à l'admission.
8/100	5,6/100	4/100	2,6/100	1,8/100	1,3/100	1/100	0,75/100	0,75/100	0,6/100	0,3/100	Moyenne.
6 6	6⅛ 6¼	7⅛ 7	8⅜ 8	10⅛ 10	13⅛ 12½	16¼ 14½	19½ 17½	24 20½	27½ 23⅜	44½ 35½	Ouverture maximun.
6	6⅛	7⅛	8⅜	10⅜	12⅛	15⅛	18½	22¼	25½	40	Moyenne.
7 9/100	10 14/100	15½ 19⅛/100	22 27/100	28⅜ 34/100	36⅛ 42/100	43½ 50/100	49⅜ 56½/100	57 62⅜/100	61⅜ 66⅜/100	74 78⅛/100	Durée de l'admission.
8/100	12/100	17⅜/100	24½/100	31⅜/100	39/100	46⅜/100	53/100	59⅛/100	64¼/100	76⅛/100	Moyenne.
74	74½	76¼	78⅛	82⅛	87⅜	92½	99	106,5	113*mm*	142	Course.

Avance à l'échappement.	22 °/°	Course du tiroir d'échappement . . .	133 *mm*	Hauteur des lumières.	340 *mm*
Durée de l'échappement.	44 °/.	Longueur des bielles motrices. . . .	1,800 *m*	Recouvrement extérieur total. . . .	062 *mm*
Ouverture maximum des lumières d'échappement.	29,5 *mm*	Course des pistons	650 *mm*	Angle d'avance	37° 36′
		Diamètre des cylindres	440 *mm*		

La figure **54**, planche 9 donne les diagrammes **1** à **5** qui ont été obtenus.

A des vitesses même modérées, la compression remplit les espaces morts de vapeur à une pression supérieure à la pression de la vapeur dans la chaudière; pour cette cause et aussi par suite de la double introduction, la période d'admission a lieu presque sans chute de pression, ainsi que l'indiquent les diagrammes. Cependant, malgré cet avantage et celui qui résulte de la prolongation de la détente, les résultats pratiques ont été mauvais et ont montré que la compression qui est nécessaire pour amortir le choc des pièces en mouvement à la fin de leur course est tout à fait désavantageuse au point de vue du rendement économique, si elle est poussée trop loin.

Cette compression donnait d'ailleurs lieu à des difficultés de démarrage et augmentait la durée de la mise en vitesse de la machine. On a donc dû prendre des dispositions spéciales pour éviter ces inconvénients. Nous allons entrer dans quelques détails à ce sujet, car cette indication peut être de quelque utilité dans certains cas pour les machines ordinaires.

Un des moyens mis à la disposition du machiniste pour faciliter le démarrage consiste à ouvrir les purgeurs des cylindres afin d'annuler les effets en sens contraire qui peuvent résulter des compressions intérieures. On comprend facilement que ce moyen peut aussi être employé pour faciliter la mise en vitesse des machines, mais il en résulte une perte de vapeur considérable qui, jointe à la dépense qui correspond à une forte admission, fait baisser rapidement la pression, et, si d'une part on augmente la vitesse de traction, on diminue notablement, d'autre part, les moyens de soutenir la vitesse obtenue. Nous avons donc été conduits à rechercher un appareil qui permette d'annuler la compression sans déperdition de vapeur. C'est un purgeur automatique indiqué sur la planche 10, figures 75 et 77 pour l'ensemble et figures 78 et 79 pour le détail.

Pour empêcher, lorsqu'on le juge convenable, la contre-pression dans les cylindres, au moment où le piston arrive à fond de course, chaque cylindre est muni de robinets *a b (Pl. 10, fig. 75 et 77)*, qui sont eux-mêmes mis en communication entre eux au moyen d'un appareil spécial *(Fig. 78 et 79)*, permettant au moyen de clapets de mettre en communication avec l'atmosphère et alternativement chacun des côtés du cylindre séparé par les clapets.

Cet appareil spécial de purge, indiqué en coupe longitudinale *(Fig. 79)* et transversale *(Fig. 78)* comporte une boite à clapets A communiquant respectivement par les orifices B et B′ avec les robinets de purge *a* et *b* et par l'orifice C avec l'atmosphère ou mieux, dans le cas de son application aux machines locomotives, avec la cheminée *(Fig. 76)*.

La boite A est divisée en deux parties symétriques par une cloison médiane *d*.

Les fonds E E′ sont amovibles et se fixent par un vissage ; ils comportent chacun en leur centre un petit cylindre F F′ fermé par un bouchon fileté G G′ pourvu d'un prolongement intérieur.

Par les fonds F et F′, on engage la boite dans les clapets H H′; le

clapet H′ est fondu avec un axe tubulaire I qui traverse le diaphragme D et qui se termine d'un côté par une partie d'un plus petit diamètre et fileté, pour recevoir l'autre clapet H fondu avec un manchon H.

Des ressorts, soit à boudin J J′, soit formés de rondelles en caoutchouc K, sont logés dans l'espace annulaire laissé libre entre le prolongement des bouchons G G′ et des cylindres F F′.

Ces ressorts appuient contre les extrémités du tube I, de façon à maintenir, à l'état de repos de l'appareil, les deux clapets H H′ à égale distance de leurs sièges respectifs.

Voici comment fonctionne le système :

Lorsque les robinets purgeurs *a* et *b* (fig. 75 et 77), sont fermés, l'appareil reste inactif et la machine marche avec contre-pression à chaque fin de course.

Mais, si l'on ouvre les robinets *a* et *b*, la vapeur pénètre dans l'appareil par celui des orifices B B′ qui se trouve en communication avec le côté du cylindre dans lequel s'effectue l'introduction, alors que l'autre orifice communique avec le côté opposé du cylindre qui est à l'échappement. La vapeur, en pénétrant par l'orifice B′, par exemple, applique le clapet H contre son siège, en ouvrant, au contraire, le clapet opposé H′. Dans ces conditions, le côté du cylindre à l'échappement communique avec l'orifice C de l'appareil et aucune contre-pression ne peut s'y produire.

Lorsque la vapeur aura été renversée dans le cylindre par la distribution, c'est le clapet H qui sera appliqué contre son siège et le clapet H′ qui sera ouvert, en reliant ainsi le nouveau côté du cylindre, qui est à l'échappement avec l'orifice C.

On voit, par cette description, que la compression peut être presque complètement annulée par le jeu du purgeur automatique et sans perte de vapeur. Mais il est à remarquer que le travail de compression est perdu complètement et ne vient plus atténuer les chocs de fin de course. Le purgeur automatique ne pourrait donc être employé qu'au démarrage ou à faible vitesse. Pour ne pas perdre le travail de compression, nous avons songé à l'utiliser pour le faire concourir au tirage en l'envoyant dans la cheminée, ainsi que l'indique la figure 76 de la planche 10.

Dans les machines ordinaires, l'emploi du purgeur automatique aurait l'avantage de faciliter les démarrages sans perte de vapeur et d'en augmenter la puissance, puisque la compression dans la marche à fond, qui est encore de 10 0/0, serait annulée ; mais son principal avantage serait de purger sans déperdition de vapeur, ce qui peut avoir un certain intérêt pour les trains omnibus et de banlieue, dont les arrêts sont très fréquents.

Comme disposition accessoire du type de distribution à tiroir d'échappement indépendant et à glace plane, nous devons parler ici du détendeur spécial qui a été installé pour régler à volonté la pression sur le tiroir d'échappement.

Cet appareil, qui est indiqué en place sur le dessin d'ensemble de la figure 74 de la planche 10, est représenté en détail sur les figures 58, 59 et 60 de la planche 9. Voir aussi figures 46, planche 9, et 64 planche 10.

Il comporte un cylindre I portant à sa base un renflement annu-

laire J, par lequel il est mis en communication avec la chaudière au moyen d'un tube K ; ce cylindre est fermé à ses deux extrémités par des couvercles L L', et il porte latéralement une tubulure M par laquelle il communique avec la boite du tiroir.

A l'intérieur du cylindre I est engagé un piston spécial. Celui-ci est formé de deux parties évidées et pourvues de gorges étanches P Q. La partie P est en communication avec le cylindre I par son extrémité inférieure ouverte et par les orifices O.

Elle est munie à sa partie supérieure de cannelures angulaires de longueurs différentes N.

La partie Q est fermée à sa partie inférieure et remplace un ressort R. guidé par le prolongement d'une vis S traversant le couvercle L.

Le ressort R prend appui dans le fond du piston Q et contre un piston T, dont on règle la position par la vis S. En faisant descendre ou monter le piston T, on comprime ou on détend le ressort R à volonté.

La vapeur arrivant dans la couronne J ne peut passer dans la tubulure M que par les cannelures N. Or, comme ces cannelures sont de longueurs inégales *(Voir fig. 60* le développement), il en résulte que, plus le piston P sera descendu, plus la quantité de vapeur qui passera sera grande.

La position du piston P dépend de la résultante de deux forces contraires, à savoir : la tension variable du ressort R, d'une part, tendant à le faire descendre, et la pression constante de la vapeur, d'autre part, contre l'extrémité du piston Q, ayant pour effet de le soulever.

Plus le ressort sera bandé, moins le piston sera soulevé et plus la pression en M et dans la boite à vapeur d'échappement sera considérable.

L'appareil de détente que nous venons de décrire est appliqué aux tiroirs d'échappement pour les équilibrer.

La planche 9, figure 46, fait voir comment la vapeur passe de la boite du tiroir d'introduction à celle du tiroir d'échappement, détendue, ainsi que nous venons de le dire plus haut, pour donner l'équilibre de pression convenable audit tiroir d'échappement.

Ce détendeur permet de ne charger ledit tiroir que d'une pression suffisante pour l'appliquer sur la glace.

Pour une pression de 10 à 12 *kg* à la chaudière, celle de 3 à 3 1/2 *kg* convient dans la boite à tiroir d'échappement ; cette pression réduite est obtenue à volonté en serrant plus ou moins la vis S qui bande le ressort R donnant cette pression, qui se trouve limitée par la soupape de sûreté W.

Le détendeur qui vient d'être décrit pourrait s'appliquer utilement pour la descente des pentes avec la marche à régulateur fermé, où il pourrait servir à envoyer dans le cylindre de la vapeur morte et humide, pour lubrifier les surfaces de frottement et éviter tout grippage *(fig. 75, pl. 10)*.

EXAMEN DU DEUXIÈME TYPE *(Pl. 9, fig. 47 à 53 et fig. 56)*.

Les différences qui existent avec le type précédent sont les suivantes

1° Les tiroirs d'échappement sont cylindriques;

2° Les cylindres sont d'un diamètre plus grand.

Cet essai avait pour but de permettre l'emploi de tiroirs d'échappement sans être obligé d'avoir recours au détendeur et d'atténuer les effets de la compression par une augmentation de puissance positive.

Les autres conditions de la distribution qui sont indiquées sur le tableau *b* sont sensiblement les mêmes que dans le cas précédent.

(b) # LOCOMOTIVE N° 76 (ANNEXE E, PL. 9, FIG. 56.)

Distribution à échappement fixe (1re disposition essayée). — Tiroir d'admission plan, tiroir d'échappement cylindrique. Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 11	Sur les points d'attache des barres 10	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 8	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 6	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 4	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 2	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 1
Avance linéraire. . . .	6 *mm* 6 *mm*	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6
Avance à l'admission. .	1/8 1/2 / 100	1/8 3/4 / 100	1/8 1 / 100	1/2 1 1/8 / 100	1/2 1 1/8 / 100	3 1/8 2 / 100	1 1/8 2 / 100	1 3/8 3 / 100	2 3/8 4 / 100	4 1/8 6 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	0,3 / 100	0,5 / 100	0,6 / 100	0,8 / 100	0,8 / 100	1,3 / 100	1,6 / 100	2,3 / 100	3,3 / 100	5 / 100	8 / 100
Ouverture maximum. .	39 1/2 34 1/2	28 1/2 24 1/2	25 21	20 1/2 18	17 1/8 15	14 12 1/2	11 10 1/2	9 9	7 1/8 7 1/8	6 1/2 6 1/2	6 6
Moyenne.	37 *mm*	26,5	23	19 3/8	16	13 1/8	10 3/8	9	7 1/8	6 1/2	6
Durée de l'admission. .	74 78 1/2 / 100	64 1/2 70 1/2 / 100	60 65 1/2 / 100	55 1/8 61 / 100	51 3/8 52 / 100	42 35 / 100	34 1/8 37 / 100	26 28 1/8 / 100	17 1/2 21 / 100	11 3/4 16,5 / 100	7 9 / 100
Moyenne.	76 1/8 / 100	67 1/2 / 100	62 3/8 / 100	58 / 100	51 3/8 / 100	43 1/2 / 100	35 3/8 / 100	27 / 100	19 1/8 / 100	14 / 100	8 / 100
Course.	136 *mm*	115 *mm*	108	100 1/2	94	88,5	83,5	80	76 1/2	75	74

MARCHE EN ARRIÈRE

A 160 *mm* du milieu de la coulisse 1	Sur les points d'attache des barres 2	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 3	Sur les points d'attache des barres 4	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 5	Sur les points d'attache des barres 6	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 7	Sur les points d'attache des barres 8	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 9	Sur les points d'attache des barres 10	A 160 *mm* du milieu de la coulisse 11	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	Avance linéaire.
7 9 / 100	4½ 6⅜ / 100	3 5 / 100	2 3⅛ / 100	1⅛ 2½ / 100	3⅛ 2 / 100	½ 1½ / 100	¼ 1⅛ / 100	⅛ 1⅛ / 100	¼ 1 / 100	⅛ ½ / 100	Avance à l'admission.
8 / 100	5,6 / 100	4 / 100	2,6 / 100	1,8 / 100	1,3 / 100	1 / 100	0,75 / 100	0,75 / 100	0,6 / 100	0,3 / 100	Moyenne.
6 6	6⅛ 6⅛	7⅛ 7	8⅜ 8	10⅜ 10	13⅛ 12½	16⅛ 14½	19½ 17½	24 20½	27½ 23½	44½ 35½	Ouverture maximum.
6	6⅛	7½	8⅜	10⅜	12⅝	15⅛	18½	22⅛	25½	40	Moyenne.
7 9 / 100	10 14 / 100	15½ 19⅛ / 100	22 27 / 100	28⅜ 34 / 100	36⅛ 42 / 100	43½ 50 / 100	40⅜ 56½ / 100	57 62⅜ / 100	61⅜ 66⅜ / 100	74 78½ / 100	Durée de l'admission.
8 / 100	12 / 100	17⅜ / 100	24½ / 100	31⅜ / 100	39 / 100	46⅜ / 100	53 / 100	59⅝ / 100	64⅛ / 100	76⅛ / 100	Moyenne.
74	74½	76⅛	78⅜	82⅜	87⅜	92½	99	106,5	113=/=	142=/=	Course.

Avance à l'échappement 20 0/0	Longueur des bielles motrices 1,800*m*	Hauteur des lumières 340*mm*
Durée à l'échappement. 40 0/0	Course des pistons. 650*mm*	Recouvrement extérieur total. 58*mm*
Ouverture maximum des lumières d'échappement . . 37*mm*	Diamètre des cylindres 480*mm*	Angle d'avance . . . . . 37° 36′

Malgré l'amélioration obtenue, la compression a encore été trop forte et les résultats pratiques n'ont pas été économiques.

Les diagrammes 6 à 11 sont représentés sur la planche 9, figure 54.

En résumé, ces premières expériences ont démontré, ainsi que cela est expliqué dans ce mémoire, que les fortes compressions sont incompatibles avec la marche des locomotives à grande vitesse et durent être abandonnées, mais il en ressort également que, pour les machines à condensation, le dispositif avec commande du tiroir d'échappement par la crosse du piston doit être recommandé, puisqu'il aurait pour effet de produire une compression de 5 à 6 *kg* dans les espaces nuisibles, compression qui serait utile pour amortir le choc des pièces de mouvement et remplir les espaces nuisibles.

Les diagrammes de la planche 9 indiquent les courbes de compression qu'on obtiendrait pour une machine à condensation *(tracé --- pour la machine 67) (tracé . . . . pour la machine 76)* (1).

L'application des dispositions que nous venons de décrire ayant l'inconvénient d'exiger le remplacement des cylindres, nous avions étudié le moyen d'obtenir les mêmes résultats en conservant les cylindres. Il consiste à ajouter sur la tubulure d'échappement un obturateur à tiroir ou à papillon *(Pl. 10, fig. 80 et 81)* permettant de prolonger la période de détente et de ne laisser à celle de l'échappement que la durée strictement nécessaire pour le départ de la vapeur.

On peut obtenir ainsi une partie des avantages indiqués précédemment.

Cette application n'a pas été essayée; pas plus que les précédentes, elle ne donnerait aucun résultat avantageux pour les locomotives à grande vitesse, mais il est probable que pour les locomotives à faible vitesse, elle serait économique.

L'essai en serait facile et peu coûteux.

Les considérations qui précèdent montrent comment nous avons été conduits à chercher une disposition permettant de réaliser les avantages du système en produisant le moins de compression possible.

Nous allons indiquer brièvement par quelles séries d'études et d'essais nous avons dû passer avant d'arriver à la disposition définitive qui est en cours d'application.

La solution du problème consiste à trouver un dispositif ne présentant

(1) *Notes explicatives.*

La machine n° 67 a les deux tiroirs d'admission et d'échappement du type-plan à coquille, celui d'admission étant en partie équilibré par une admission de vapeur centrale, celui d'échappement étant appliqué sur la table par une pression constante de 3 à 4 *kg*, obtenus au moyen d'un détendeur.

La machine n° 76 a le tiroir d'admission du type-plan à coquille équilibré comme ci-dessus et deux tiroirs d'échappement cylindriques à mouvement tournant alternatif.

Dans ces deux machines, les tiroirs d'échappement sont commandés par la crosse du piston; l'échappement de vapeur dans l'atmosphère est réglé pour commencer à 80 0/0 de la course du piston à l'aller, et au retour, la compression commence à 20 0/0 de la course; cela donne lieu aux courbes de compression indiquées sur les diagrammes en traits pleins. S'il s'agissait de machines à condensation, les courbes de compression avec une pression au condenseur de 0,15 seraient suivant le tracé pointillé, en supposant l'espace nuisible de 3 à 4 0/0. Si on règle l'échappement de manière à ce qu'il commence à 12 0/0 de la fin de course, la course de compression devient celle qui est indiquée par le tracé en éléments.

pas d'inconvénient dans les diverses conditions de la marche et permettant de rendre indépendants l'un de l'autre l'échappement anticipé et la compression qui, dans les dispositions qui précèdent, ont nécessairement la même durée puisqu'ils correspondent à la même bande du tiroir et que ce dernier a un mouvement symétrique inverse.

Nous avons d'abord pensé à un excentrique conduisant le tiroir d'échappement, et dont le calage correspondait aux conditions d'échappement et de compression convenables. En cas de marche arrière, l'excentrique était à décalage automatique, il n'y avait pas de difficulté sous ce rapport; mais en cas de marche à contre-vapeur, le sens du mouvement du tiroir d'échappement restant en avant, le fonctionnement devenait impossible. Nous avons dû y renoncer pour cette cause.

Nous avons alors pensé à une deuxième coulisse accolée à la première et conduisant le tiroir d'échappement. Cette combinaison a été étudiée en détail et est représentée sur la planche 10, figures 61 à 69. Le relevage de la bielle qui commande le tiroir d'échappement se fait automatiquement par un piston fonctionnant dans un cylindre, et dont le mouvement est obtenu par le jeu d'un petit tiroir actionné par le changement de marche.

Les figures 61 à 69 indiquent suffisamment les détails de cette étude sans qu'il soit besoin de la décrire plus longuement. Nous avons dû l'abandonner parce qu'elle était un peu compliquée, tout en étant d'une application pratique et permettant d'obtenir toutes les variations possibles entre l'échappement et la compression. Mais la locomotive est déjà aujourd'hui une machine si complexe, qu'il est désirable de ne pas augmenter encore notablement le nombre de ses organes.

Nous avons donc dû continuer nos recherches dans une autre voie et voici le dispositif auquel nous nous sommes arrêtés; il donne d'une façon très simple la solution du problème.

Il consiste à faire jouer dans la même coulisse les deux bielles de commande des deux tiroirs d'admission et d'échappement; ces deux bielles étant reliées entre elles par des bielles entretoises de connexion de longueur déterminée et étant déplacées en même temps par le même arbre de changement de marche.

Le croquis ci-après indique l'épure du mécanisme *(fig. 9)* :

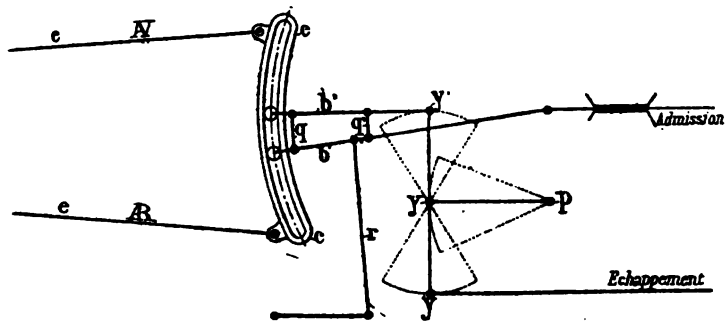


FIG. 9.

Il est formé d'une coulisse *C* attelée aux deux barres d'excentrique *e* et dans laquelle peuvent glisser les deux bielles de commande *bb'* des tiroirs d'admission et d'échappement. Ces deux bielles sont solidarisées par les biellettes entretoises *q'* et *q*. Cette dernière peut être remplacée par un coulisseau unique pour les deux bielles. *r* est l'appareil de relevage ordinaire de la coulisse.

On conçoit que, dans ces conditions, le tiroir d'admission est conduit par la coulisse à la manière ordinaire et le tiroir d'échappement peut avoir, selon la position relative de sa bielle de commande, des phases de compression et d'échappement correspondantes à la position que le coulisseau occupe dans la coulisse.

Les deux machines 67 et 76 qui avaient les dispositions décrites ci-dessus ont donc été transformées : — la machine 67, suivant les indications de la planche 10, figures 70 à 74 ; la machine 76 d'après le dessin de la planche 10, figures 82 à 88.

Le mécanisme de la machine 67 comporte un balancier, type Evans, et celui de la machine 76 un renvoi de mouvement par leviers d'équerre. Ces deux dispositions fonctionnent dans de bonnes conditions depuis un an qu'elles sont appliquées.

Le tableau C contient le tableau des diverses phases de la distribution de la machine 67, avec tiroir d'échappement plan. *(Pl. 9, fig. 57.)*

Au point mort, l'échappement anticipé commence à 25 0/0 du fin de la course du piston et la compression commence environ à 30 0/0 de la course rétrograde.

La détente est donc, par rapport aux machines ordinaires, prolongée de 25 0/0 et la compression diminuée de 20 0/0. Ces deux conditions sont évidemment favorables et se maintiennent pour tous les trains de marche. A fond de course, soit au démarrage, la compression n'est plus que de 5 0/0, alors que dans les machines ordinaires elle est de 10 0/0 le démarrage et la prise de vitesse sont donc facilités.

Les diagrammes 1 à 6, figure 107, planche 10, sont, comme on le voit, très avantageux, leur analyse *(Pl. 10, fig. 107)* indique un travail supérieur de 12 0/0, pour le même poids de vapeur, à celui des machines ordinaires, malheureusement les cylindres n'ont pas été disposés pour le dernier dispositif employé, ils avaient été créés pour le mécanisme à échappement et compression fixes, ils ont des espaces nuisibles trop grands, et, à grande vitesse, il se fait, par suite de l'insuffisance de leur lumière d'évacuation, une contre-pression qui absorbe, et au delà, tout l'avantage qu'on est en droit d'espérer, eu égard aux meilleures conditions de détente et de compression. De nouveaux cylindres sont en cours d'exécution, nous en parlerons plus loin après avoir dit quelques mots de la transformation de la machine 76. *(Pl. 10, fig. 82 à 88)* (1).

Le relevé de la distribution de cette locomotive *(fig. 105 et tableau d)* indique pour l'échappement anticipé une durée de 34 0/0 et pour la compression 29 0/0. Les diagrammes 7 à 12 *(Pl. 10, fig. 107)* montrent,

(1) Actuellement, aujourd'hui 20 juin 1890, cette transformation est faite pour la machine n° 67, qui est en service depuis quelques jours.

comme ceux du 67, que l'espace nuisible est trop grand ; les orifices d'échappement trop faibles aussi à grande vitesse. Malgré ces imperfections des cylindres auxquelles il n'est possible de remédier que par la confection de nouveaux appareils, cette machine marche dans des conditions aussi satisfaisantes que les autres machines, avec 6 0/0 d'économie de combustible. Son fonctionnement régulier depuis plus d'une année a montré qne les tiroirs cylindriques *(genre Corliss)* sont susceptibles de bien fonctionner à très grande vitesse, et c'est ce type de tiroirs que nous avons prévu pour les nouveaux cylindres de la machine 67.

LOCOMOTIVE N° 67

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants.
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE		76 7/8 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	64 1/8 sur les points d'attache des barres.	60 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	50 sur les points d'attache des barres.	40 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	35 sur les points d'attache des barres.	30 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	25 sur les points d'attache des barres.	20 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	15 sur les points d'attache des barres.	10 fond de course à 166 mm du milieu de la coulisse.	5 3/8 sur les points d'attache des barres.	
Admission	arête a	74½ 79 / 100	62½ 66 / 100	58 62 / 100	49 51 / 100	39 41 / 100	34 36 / 100	29½ 30½ / 100	24½ 25½ / 100	19½ 20½ / 100	14½ 15½ / 100	9 11 / 100	5⅛ 6⅛ / 100	
	arête b	73⅜ 78½ / 100	61½ 65 / 100	57 61⅛ / 100	47½ 50 / 100	37⅜ 39 / 100	32 33⅛ / 100	27⅛ 29 / 100	22½ 23 / 100	18⅛ 17⅜ / 100	13 13½ / 100	7⅛ 8½ / 100	3⅜ 4⅜ / 100	
Avance linéaire	arête a	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	
	arête b	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	
Ouverture maximum des tiroirs d'admission.	arête a	38½ 34½	25 21½	21½ 18½	15½ 13½	12 10½	10⅛ 9	8⅛ 8	7⅛ 6⅜	6⅛ 5⅜	5⅛ 5	4½ 4½	4 4	
	arête b	37½ 33½	24 20½	20½ 17½	14½ 12½	11 9½	9⅛ 8	7⅛ 7	6⅛ 5⅜	5⅛ 4⅜	4⅛ 4	3½ 3½	3 3	
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission.	arête a	36½	23⅛	20	14½	11⅛	9⅜	8⅛	7	6	5⅛	4½	4	
	arête b	35½	22⅛	19	13½	10⅛	8⅝	7⅛	6	5	4⅛	3½	3	
Course des tiroirs d'admission.		139	112½	106	95	88½	85⅛	82⅛	80	78	76⅛	75	74	
Commencement de l'échappement.		7⅛ 13⅛ / 100	9½ 3⅜ / 100	10½ 4½ / 100	12 6 / 100	13 8 / 100	14 9⅛ / 100	15 10½ / 100	16 12 / 100	17½ 14½ / 100	18½ 17 / 100	21 20½ / 100	23½ 26½ / 100	Point mort.
Moyenne.		4½ / 100	6⅛ / 100	7½ / 100	9 / 100	10½ / 100	11⅜ / 100	12⅜ / 100	14 / 100	16 / 100	17⅜ / 100	20⅜ / 100	25 / 100	
Commencement de la compression.		2½ 9 / 100	4⅜ 11½ / 100	5½ 12½ / 100	8 11 / 100	10 15⅞ / 100	12 17 / 100	13⅜ 18½ / 100	15½ 20 / 100	17½ 21 / 100	20 23 / 100	25 25 / 100	31½ 28 / 100	
Moyenne.		5⅜ / 100	8⅛ / 100	9 / 100	11 / 100	12⅞ / 100	14½ / 100	15⅞ / 100	17⅜ / 100	19⅛ / 100	21½ / 100	25 / 100	29⅜ / 100	
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement.		56 49½	45½ 41	43 39	38½ 36	35 33½	33½ 32	32 31½	30 30	28½ 29½	27⅛ 28⅛	25 27⅛	23 26½	
Moyenne.		52⅜	43⅛	41	37⅛	34⅛	32⅜	31⅜	30	29	27⅜	26⅛	24⅜	
Course des tiroirs d'échappement.		108½	89½	85	77½	71½	68½	66½	63	61	58½	55⅛	52½	
Perturbations.		15	12	11	9	7½	7	6½	6	6	5	5	4	

MARCHE EN ARRIÈRE

Point mort.	5 3/8 sur les points d'attache des barres.	10 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	15 sur les points d'attache des barres.	20 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	25 sur les points d'attache des barres.	30 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	35 sur les points d'attache des barres.	40 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	50 sur les points d'attache des barres.	60 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	60 1/2 sur les points d'attache des barres.	75 fond de course à 166 mm du fond de la coulisse.	ADMISSION MOYENNE
	5 5 3/8	9 1/2 10 1/2	14 1/2 15 1/2	19 1/2 20 1/2	24 1/2 25 1/2	29 31	33 1/2 36 1/2	38 42	48 1/2 51 1/2	58 1/2 61 1/2	59 62	73 1/2 76 1/2	arête a
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Admission.
	3 1/2 4 1/2	8 9	13 13 1/2	18 1/4 18 3/4	22 1/2 24	27 1/2 29	32 35	36 3/4 40 3/4	47 1/2 49 1/2	58 60 1/2	58 1/2 61	73 76	arête b
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	arête a
	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	arête b — Avance linéaire.
	4 4	4 1/2 4 1/2	5 1/2 5	6 3/4 6	8 7 1/4	9 1/4 8 1/2	11 1/4 10	12 1/2 11 3/4	17 3/4 15	23 1/2 20	25 21	41 1/2 33	arête a
	3 3	3 1/2 3 1/2	4 1/2 4	5 3/4 5	7 6 1/4	8 1/4 7 1/2	10 1/4 9	11 1/2 10 3/4	16 3/4 14	22 1/2 19	24 20	40 1/2 32	arête b — Ouverture maximum des tiroirs d'admission.
	4	4 1/2	5 1/4	6 3/8	7 3/8	8 7/8	10 5/8	12 1/8	16 3/8	21 3/4	23	37 1/4	arête a
	3	3 1/2	4 1/4	5 3/8	6 5/8	7 7/8	9 5/8	11 1/8	15 3/8	20 3/4	22	36 1/4	arête b — Moyenne.
	74	75	76 1/2	78 3/4	81 1/4	83 3/4	87 1/4	90 1/4	98 1/4	109 1/2	112	140 1/2	Course des tiroirs d'admission.
	66 1/2 69	57 64 1/2	48 60 1/2	43 56 1/2	37 1/2 53	33 1/2 50	27 1/2 46	24 43 1/2	16 38	10 1/2 31	9 30	3 1/2 22	Commencement de l'échappement.
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	67 3/4	60 3/4	54 1/4	49 3/4	45 1/4	41 3/4	36 1/4	33 3/4	27	20 3/4	19 1/2	12 3/4	Moyenne.
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	74 71 1/2	69 63	65 55	62 48 1/2	59 43	55 1/2 38	53 33	49 29	44 21	36 13 1/2	35 12 1/2	25 5	Commencement de la compression.
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	72 3/4	66	60	54 1/4	51	46 1/4	43	39	32 1/2	24 3/4	23 3/4	15	Moyenne.
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	23 1/2 26 1/2	21 26 1/4	19 3/4 26 1/4	19 26 1/2	18 1/2 26 3/4	18 1/4 27 1/4	17 3/4 28 1/4	17 3/4 29 1/2	17 3/4 31 3/4	19 36	19 37	23 1/2 48	Ouverture maximum des tiroirs d'échappement.
	25	23 5/8	23	22 3/4	22 5/8	22 1/4	23	23 5/8	24 1/4	27 1/2	28	35 3/4	Moyenne.
	53	50 1/4	49	48 1/2	48 1/4	48 1/2	49	50 1/4	52 1/2	58	59	74 1/2	Course des tiroirs d'échappement.
	4	2 1/2	2	2	2	2	3	4	6	10	14	26	Perturbations.

Angle d'avance	37°31′	Course des pistons	440 *mm*	Hauteur des lumières	340 *mm*
Longueur des bielles motrices	1,800 *m*	Diamètre des cylindres	500 *mm*	Recouvrement extérieur total. arête b.	66 *mm*
				arête a.	60 *mm*

(d)

LOCOMOTIVE N° 76

(ANNEXE E, PL. 10, FIG. 105.)

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants.
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE		64 1/4 sur les points d'attache des barres.	60 sur les points d'attache des barres.	50 sur les points d'attache des barres.	45 sur les points d'attache des barres.	40 sur les points d'attache des barres.	35 sur les points d'attache des barres.	30 sur les points d'attache des barres.	25 sur les points d'attache des barres.	20 sur les points d'attache des barres.	15 sur les points d'attache des barres.	10 sur les points d'attache des barres.	7 sur les points d'attache des barres.	Point mort.
Admission	arête a	62,5 66 / 100	58½ 61½ / 100	49 51 / 100	44½ 45½ / 100	39½ 40½ / 100	34½ 35½ / 100	30¼ 29⅜ / 100	25½ 24½ / 100	20½ 19½ / 100	15 15 / 100	10 10 / 100	7 7 / 100	
	arête b	61½ 65 / 100	57½ 60½ / 100	48 50 / 100	43 44½ / 100	38½ 39½ / 100	33½ 34 / 100	28¼ 28 / 100	23½ 23 / 100	18½ 18 / 100	13½ 13 / 100	9 9 / 100	5½ 5½ / 100	
Avance linéaire	arête a	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	
	arête b	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	
Ouverture maximun des tiroirs d'admission	arête a	25½ 22	23 19½	17 14½	15 13	13 11	11 9½	9 8	8½ 7½	7½ 6½	6½ 6	5½ 5½	5 5	
	arête b	24½ 21	22 18½	16 13½	14 12	12 10	10 8½	8 7	7½ 6½	6½ 5½	5½ 5	4½ 4½	4 4	
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission	arête a	23⅜	21⅛	15⅜	14	12	10⅛	8½	8	7	6¼	5½	5	
	arête b	22⅛	20⅛	14⅛	13	11	9¼	7½	7	6	5¼	4½	4	
Course des tiroirs d'admission.		111½	106⅛	95½	92	88	84½	81	80	78	76½	75	74	
Commencement de l'échappement		12 7½ / 100	13 8 / 100	14¾ 9⅜ / 100	16¼ 11 / 100	17⅜ 12½ / 100	19⅛ 14 / 100	21 15½ / 100	23 18 / 100	25 20 / 100	28½ 22½ / 100	32 27 / 100	36½ 31 / 100	
Moyenne		9⅜ / 100	10½ / 100	12⅛ / 100	13⅝ / 100	15⅛ / 100	16⅝ / 100	18⅛ / 100	20½ / 100	22½ / 100	25½ / 100	29½ / 100	33½ / 100	
Commencement de la compression		5⅜ 10 / 100	6 10⅛ / 100	7⅜ 12⅜ / 100	8⅛ 13½ / 100	10 14⅜ / 100	11½ 16 / 100	12½ 17⅛ / 100	14½ 18¼ / 100	16 21 / 100	19 23 / 100	22 27 / 100	26 31¾ / 100	
Moyenne		7⅞ / 100	8⅛ / 100	10 / 200	11⅛ / 100	12⅜ / 100	13¾ / 100	14⅞ / 100	16⅜ / 100	18½ / 100	21 / 100	24½ / 100	28⅝ / 100	
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement.		54 54½	53 54½	47 48½	43½ 46	42 44	40 42	38 40	36 38	31 37	34½ 35	32½ 33½	31½ 32	
Moyenne		54⅜	53⅛	47⅜	44⅜	43	41	39	37½	36½	34⅜	33	31⅞	
Perturbation		11	6	9	8½	8	8	8	7	6½	6	5	4	

MARCHE EN ARRIÈRE

Point mort.

7 sur les points d'attache des barres.	10 sur les points d'attache des barres.	15 sur les points d'attache des barres.	20 sur les points d'attache des barres.	25 sur les points d'attache des barres.	30 sur les points d'attache des barres.	35 sur les points d'attache des barres.	40 sur les points d'attache des barres.	45 sur les points d'attache des barres.	50 sur les points d'attache des barres.	60 sur les points d'attache des barres.	63 1/4 sur les points d'attache des barres.	ADMISSION MOYENNE
7 7 / 100	9½ 10½ / 100	14½ 15½ / 100	19 21 / 100	24 26 / 100	29 31 / 100	34 36 / 100	39 41 / 100	43½ 46½ / 100	48½ 51½ / 100	58 62 / 100	61½ 65 / 100	arête a } Admission.
5½ 5½ / 100	8½ 9½ / 100	13¼ 14½ / 100	17½ 19 / 100	22½ 24½ / 100	27 29½ / 100	32 34½ / 100	37½ 39½ / 100	42½ 45 / 100	47½ 50½ / 100	56½ 58½ / 100	60 63½ / 100	arête b }
5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	arête a } Avance linéaire.
4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	arête b }
5 5	5½ 5½	6¼ 6	7½ 7	9 8	10 9	12 10½	13½ 12	16 14	18½ 16	25½ 21	27 22½	arête a } Ouverture maximum des tiroirs d'admission.
4 4	4½ 4½	5½ 5	6½ 6	8 7	9 8	11 9½	12½ 11	15 13	17½ 15	24½ 20	26 24½	arête b }
5	5½	6¼	7¼	8½	9½	11¼	12¼	15	17¼	23¼	24¾	arête a } Ouverture moyenne des tiroirs d'admission.
4	4½	5¼	6¼	7½	8½	10¼	11¾	14	16¼	22¼	23¾	arête b }
74	75	76½	78½	81	83	86½	89½	94	98½	110½	113½	Course des tiroirs d'admission.
73¾ 68 / 100	68 63½ / 100	62 58 / 100	57½ 52 / 100	53½ 47 / 100	50 43 / 100	45½ 38½ / 100	41 34½ / 100	38 30½ / 100	33 26¼ / 100	26½ 19½ / 100	25 18½ / 100	Commencement de l'échappement.
70⅞ / 100	65⅛ / 100	60 / 100	54¾ / 100	50⅛ / 100	46½ / 100	42 / 100	37¾ / 100	34⅛ / 100	29⅓ / 100	22⅞ / 100	21¼ / 100	Moyenne.
62½ 68⅛ / 100	57 62½ / 100	51 57 / 100	45 52 / 100	41 46½ / 100	36½ 43½ / 100	32 39½ / 100	28½ 35 / 100	25½ 31½ / 100	21½ 28 / 100	16 22½ / 100	14 20¾ / 100	Commencement de la compression.
65⅜ / 100	59¾ / 100	54 / 100	48½ / 100	43¾ / 100	40 / 100	35⅓ / 100	31¾ / 100	29 / 100	24⅓ / 100	19⅛ / 100	17⅜ / 100	Moyenne
31½ 32	30½ 31	30½ 30½	30½ 29⅓	31 29½	31 30	31½ 30½	32½ 31	34 32	35 33	39 36½	41 37½	Ouverture maximum du tiroir d'échappement.
31⅜	30¾	30½	30⅛	30½	30¼	31	31⅜	33	34	37⅛	38¼	Moyenne.
4	3	3	2	2	2	2½	3	4	5	9	12	Perturbation.

Angle d'avance. . . . . 37° 31'
Longueur des bielles motrices. . . . 1,800 *m*
Course des pistons. . . . . 650 *mm*

Diamètre des cylindres. . . . . 480 *mm*
Hauteur des lumières. . . . . 340 *mm*

Recouvrement extérieur total. { arête **a**. 64 *mm* / arête **b**. 66 *mm*

Il est à remarquer que la disposition des commandes séparées des deux tiroirs par une seule coulisse ne peut donner pour la marche en arrière les mêmes phases de distribution que pour la marche en avant. Au point de vue économique, la marche en arrière est évidemment sacrifiée, mais cela ne présente aucun inconvénient pour les machines du service courant des trains qui ne marchent en arrière que dans les manœuvres et pour la sortie et la rentrée dans les dépôts.

Nous arrivons à décrire la dernière disposition que nous avons adoptée et qui vient être appliquée à la machine 67.

La planche 10, figures 89 à 98, représente l'ensemble du mécanisme, et les figures 95 à 98 les détails des fonds de cylindre avec coupes des tiroirs de distribution et d'échappement; la planche 10, figures 100 à 103, donne le dessus du piston à double segment étanche et à rainures que nous avons déjà indiqué comme évitant les fuites de vapeur.

Chaque cylindre comporte quatre distributeurs cylindriques, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. En les plaçant aux extrémités, on a pu réduire l'espace nuisible au minimum possible pour les locomotives, soit 4 0/0. Les tiroirs d'admission sont à double introduction et ceux d'échappement sont à double lumière d'échappement.

Résumons les avantages sur lesquels on peut compter par suite de cette nouvelle combinaison.

1° Au point de vue du refroidissement de la vapeur avant son entrée dans le cylindre, les conditions sont meilleures que dans les machines ordinaires puisqu'ici la boite à vapeur et les tiroirs ne sont pas refroidis par le passage de la vapeur d'échappement qui n'a que 110° environ, celle de la boite à vapeur étant de 180°. Il y a, de ce fait, dans les cylindres ordinaires à un seul tiroir une condensation qui n'existera pas dans les cylindres à quatre distributeurs distincts.

2° Au point de vue de la chute de pression à l'introduction, on peut admettre que cette perte sera évitée en partie puisque la vapeur afflue par une section presque doublée.

3° Au point de vue de l'utilisation du travail de la vapeur dans le cylindre, l'espace nuisible diminué, la durée de la compression amoindrie et la prolongation de la détente sont autant d'éléments favorables à l'emploi de la nouvelle disposition.

4° Au point de vue de l'emploi de la contre-vapeur, le travail résistant est augmenté puisque la quantité de vapeur qui remplit les espaces neutres est diminuée ainsi que l'échappement anticipé.

Le travail positif à marche renversée est donc moindre. Or, on sait que l'emploi de la contre-vapeur est critiqué par un certain nombre d'ingénieurs, parce que son action est relativement faible et ne correspond pas à beaucoup près à la totalité du poids adhérent. Aussi voit-on sur un grand nombre de machines le frein préféré à la contre-vapeur dont l'usage est cependant d'une grande commodité. Il y a donc un grand intérêt à en augmenter la puissance.

5° Au point de vue des frottements et de l'usure des pièces, voici comment la question peut être discutée en attendant que l'expérience ait prononcé. La nouvelle disposition comporte, il est vrai, quatre tiroirs au lieu d'un, mais les tiroirs cylindriques d'admission sont presque

équilibrés et ceux d'échappement sont très peu chargés. Les tiroirs d'admission *(Pl. 10, fig. 94 à 98)* ont une surface totale à peu près égale à celle d'un tiroir ordinaire, mais, par suite de l'encoche disposée pour la double admission, ils ne supportent de pression que sur 1/3 environ de leur surface ; on peut donc admettre qu'ils ne prendront pas plus que que les 2/3 de l'effort nécessaire pour la manœuvre d'un tiroir ordinaire. Quant aux tiroirs d'échappement, ils sont maintenus étanches par la pression intérieure du cylindre, qui est en moyenne 1/4 de la pression totale de la vapeur à pleine pression. Les quatre distributeurs doivent donc absorber un peu moins de frottement qu'un tiroir ordinaire. Le nombre des articulations est augmenté, li n'en peut être autrement, mais nous ne pensons pas que cette petite complication soit comparable à celles qui résultent des dispositions compound et autres qui ont été jusqu'à présent essayées dans le but de mieux utiliser le travail de la vapeur.

Nous donnons le relevé *(e)* de la distribution de la machine à quatre distributeurs indépendants *(Pl. 10, fig. 106)*, et *(Pl. 10, fig. 104)*, le relevé *(f)* de la distribution actuelle des locomotives du même type à tiroir ordinaire.

LOCOMOTIVE N° 67

Distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants (dernière disposition adoptée).
Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

ADMISSION MOYENNE	Attache des barres 70 1/2	Attache des barres 60	Attache des barres 50	Attache des barres 45	Attache des barres 40	Attache des barres 35	Attache des barres 30	Attache des barres 25	Attache des barres 20	Attache des barres 15	Attache des barres 10	P. M. 8 1/4
Admission	69½ 71½	59 61	49½ 50½	44½ 45½	39½ 40½	35 35	30 30	25 25	20 20	15 15	10 10	8½ 8⅝
Avance linéaire	5½ 4	4⅜ 4½	4½ 4¼	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	4½ 4½	5¼ 4⅜	5 5
Ouverture maximum des tiroirs d'admission	31 28	22½ 18½	16 13½	13½ 11⅜	11½ 10½	10 9	9 8	7 6½	6¼ 6	5½ 5½	5¼ 4⅜	5 5
Ouverture moyenne des tiroirs d'admission	28½	20½	14⅜	17⅝	11	9½	8½	6¼	6½	5½	5	5
Commencement de l'échappement	8⅝ 5⅝	9⅜ 7	12 9	13 10	14 10½	15 12½	17 14½	18 16	20 17¼	23 20⅜	26 25	29 28½
Moyenne	6½	8⅜	10½	11½	12¼	13⅜	15⅜	17	18⅜	21⅞	25½	28⅜
Commencement de la compression	5⅝ 8⅝	7 9⅜	9 12	10 13	10½ 14	12½ 15	14½ 17	16 18	17¼ 20	20⅜ 23	25 26	28½ 29
Moyenne	6½	8⅜	10½	11½	12¼	13⅜	15⅜	17	18⅝	21⅞	25½	28⅜
Ouverture maximum des tiroirs d'échappement la manivelle horizontale	41½ 38½	41 40	40½ 40	40½ 40	40¼ 40	40½ 40	40½ 40	40 40½	40 40½	40 40½	40 41	40 41
Moyenne	40	40½	40¼	40¼	40⅛	40⅛	40¼	40¼	40¼	40¼	40½	40½

MARCHE EN ARRIÈRE

P. M. 9	Attache des barres 10	Attache des barres 15	Attache des barres 20	Attache des barres 25	Attache des barres 30	Attache des barres 35	Attache des barres 40	Attache des barres 45	Attache des barres 50	Attache des barres 60	Attache des barres 71 1/4	ADMISSION MOYENNE
9½ 8½	10 10	15½ 14½	20½ 19½	25 25	30 30	35 35	40 40	45 45	50 50	59 61	72½ 70	Admission.
5 5	4⅜ 5½	4½ 5½	4⅛ 5	4 5	3½ 5½	3½ 5½	3½ 5½	3½ 5½	3½ 6½	2⅜ 7	2 8	Avance linéaire.
5 5	4⅜ 5½	5⅛ 6	5⅜ 6⅛	6½ 7½	7½ 9	8½ 10	9½ 11½	11⅛ 13½	13½ 16½	19 24	27½ 35	Ouverture maximum des tiroirs d'admission.
5	5⅛	5⅜	6	7	8¼	9⅛	10½	12⅜	15	21½	31⅛	Ouverture moyenne des tiroirs d'admission.
67½ 70	66½ 68	60 62	56½ 57	51 51	47½ 46	44 42	40 38	36 34	33 29	25 21	17 11	Commencement de l'échappement.
68⅜	67⅛	61	56⅜	51	46⅜	43	39	35	31	23	15½	Moyenne.
70 67½	68 66½	62 60	57 56½	51 51	46 47½	42 44	38 40	34 36	29 33	21 25	14 17	Commencement de la compression.
68⅜	67⅛	61	56⅜	51	46⅜	43	39	35	31	23	15½	Moyenne.
41 40½	41 40½	41 40	41 40	41 39½	41 38½	41 37½	41⅛ 38½	41½ 38	42 38	42 38	42 37½	Ouverture maximum des tiroirs d'échappement la manivelle horizontale.
40⅜	40⅜	40½	40½	40⅛	39⅜	39½	39⅜	39⅜	40	40	39⅜	Moyenne.

Angle d'avance	33° 3′	Diamètres des cylindres.	460 *mm*	Recouvrement extérieur total du tiroir d'admission.	58 *mm*
Longueur des bielles motrices. . . .	1,800 *m*	Hauteur des lumières d'admission . .	350 *mm*		
Course des pistons	650 *mm*	Hauteur des lumières d'échappement.	440 *mm*		

LOCOMOTIVES A QUATRE ROUES ACCOUPLÉES N^{os} 51 A 76

Relevé de la distribution.

MARCHE EN AVANT

DIVISIONS DE LA DÉTENTE	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Avance linéaire	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	
Ouverture maximum	30 1/2 27 1/2	25 22 1/2	18 1/2 16	13 1/2 12	11 1/2 10 1/8	9 1/8 9 1/2	9 8 3/4	7 3/4 8	7 7	5 3/8 5 3/8	
Moyenne	29	23 3/4	17 1/8	12 3/8	11 1/8	9 3/8	8 7/8	7 3/8	7	5 3/8	
Durée de l'admission	71 76 / 100	65 69 / 100	55 57 / 100	45 44 / 100	40 39 / 100	35 35 / 100	30 29 / 100	25 25 / 100	20 20 / 100	9 9 / 100	
Moyenne	73 1/2 / 100	67 / 100	56 / 100	44 1/2 / 100	39 1/2 / 100	35 / 100	29 1/2 / 100	25 / 100	20 / 100	9 / 100	
Commencement de la compression	8 10 / 100	10 12 / 100	15 18 / 100	19 20 / 100	22 25 / 100	24 28 / 100	28 31 / 100	30 34 / 100	34 38 / 100	47 50 / 100	Point mort.
Moyenne	9 / 100	11 / 100	16 1/2 / 100	19 1/2 / 100	23 1/2 / 100	26 / 100	29 1/2 / 100	32 / 100	36 / 100	48 1/2 / 100	
Commencement de l'échappement	0 7 / 100	11 0 / 100	17 14 / 100	19 18 / 100	24 21 / 100	27 23 / 100	30 27 / 100	33 29 / 100	37 33 / 100	49 46 / 100	
Moyenne	8 / 100	10 / 100	15 1/2 / 100	18 1/2 / 100	22 1/2 / 100	25 / 100	28 1/2 / 100	31 / 100	35 / 100	47 1/2 / 100	
Course	110	90	86 1/2	77 1/2	74 1/8	70 3/8	69 1/8	66 3/8	66	63 1/2	
Perturbation	10	9	8	7 1/2	7	6	5	4 1/2	4	3	

MARCHE EN ARRIÈRE

Point mort.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DIVISIONS DE LA DÉTENTE
5 1/8 5 3/8	5 3/8 5 1/8	5 3/8 5 1/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	5 3/8 5 3/8	Avance linéaire.
5 3/8 5 3/8	7 1/8 6 3/8	8 1/4 8	9 9 1/2	11 10	13 1/2 11 1/8	14 1/2 12 1/2	19 15 1/2	26 21 1/2	32 3/8 26 3/8	Ouverture maximum.
5 3/8	7	8 1/8	9 1/4	10 1/2	12 3/8	13 1/2	17 1/4	23 3/8	29 3/8	Moyenne.
7 1/2 10 / 100	20 22 / 100	25 26 / 100	30 32 / 100	35 38 / 100	40 43 / 100	45 48 / 100	55 58 / 100	65 69 / 100	70 74 / 100	Durée de l'admission.
8 3/8 / 100	21 / 100	25 1/2 / 100	31 / 100	36 1/2 / 100	41 1/2 / 100	46 1/2 / 100	56 1/2 / 100	67 / 100	72 / 100	Moyenne.
50 53 / 100	35 36 / 100	30 34 / 100	28 31 / 100	23 26 / 100	21 24 / 100	18 21 / 100	15 17 / 100	10 13 / 100	9 10 / 100	Commencement de la compression.
51 1/2 / 100	35 1/2 / 100	32 / 100	29 1/2 / 100	24 1/2 / 100	22 1/2 / 100	19 1/2 / 100	16 / 100	11 1/2 / 100	9 1/2 / 100	Moyenne.
52 49 / 100	35 34 / 100	33 29 / 100	30 27 / 100	25 22 / 100	23 20 / 100	20 17 / 100	16 14 / 100	12 9 / 100	9 8 / 100	Commencement de l'échappement.
50 1/2 / 100	34 1/2 / 100	31 / 100	28 1/2 / 100	23 1/2 / 100	21 1/2 / 100	18 1/2 / 100	15 / 100	10 1/2 / 100	8 1/2 / 100	Moyenne.
63 1/2	66	68 1/8	70 1/2	73	76 3/4	79	86 1/2	99 1/2	110 1/2	Course.
3	1	1 1/2	1 1/2	2	3	4	6	10	16	Perturbation.

Longueur des bielles motrices. . . . 1,800 *m*	Diamètre des cylindres . . . . . 440 *mm*	Recouvrement extérieur total . . . 052 *mm*
Course des pistons. . . . . 650 *mm*	Hauteur des lumières . . . . . 340 *mm*	Recouvrement intérieur total. . . . . 001 *mm*

Nous relevons sur ces deux tableaux les comparaisons suivantes :

1° AU POINT MORT

Distribution à tiroir ordinaire (*Pl. 10, fig. 104*).		Distribution à tiroirs indépendants (*Pl. 10, fig. 106*)
8 0/0	Espace nuisible.	4 0/0
9 0/0	Degré d'admission minimum	8 0/0
5,3/4 *mm*	Ouverture de la lumière d'introduction	10 *mm* (2 × 5)
17 0/0	Quantité totale de vapeur admise.	12 0/0
51 1/2 0/0	Fin de la détente	71 0/0
$\frac{51\ 1/2 + 8}{17} = 3$ volumes 1/2	Expansion théorique	6 volumes 1/4 $= \frac{71 + 4}{12}$

Ainsi, au point mort, où l'on marche souvent quand les trains sont légers et le profil facile, on pourra utiliser théoriquement une détente presque double ; l'économie théorique serait, d'après les tables de Lorentz, comme 23 est à 29, soit de 26 0/0, et il y aurait encore à y ajouter l'économie de travail résultant de la compression moins longue.

2° COMPARAISON AU DEGRÉ D'ADMISSION CORRESPONDANT A LA MARCHE NORMALE, SOIT A 20 0/0 D'ADMISSION

Distribution à tiroir ordinaire.		Distribution à tiroirs indépendants.
8 0/0	Espace nuisible.	4 0/0
20 0/0	Degré d'admission	20 0/0
7 *mm*	Ouverture de la lumière d'introduction	12 1/4 *mm*
28 0/0	Quantité totale de vapeur admise.	24 0/0
64 0/0	Fin de la détente.	81 0/0
2 volumes 57	Expansion théorique	3 volumes 54.

Ainsi, en marche normale, l'économie due à l'augmentation seule de la détente est de 15 0/0 pour une expansion de 3 volumes 54 comparée à 2 volumes 57.

3° AU DÉMARRAGE A PLEINE ADMISSION

Distribution à tiroir ordinaire.		Distribution à tiroirs indépendants.
73 1/2 0/0	Fin de l'admission	70 1/2 0/0
92 0/0	Fin de la détente.	93 1/2 0/0
9 0/0	Compression	6 1/2 0/0

La détente est donc encore un peu à l'avantage de la nouvelle distribution, de même que la compression.

En outre, l'épure qui est représentée par la figure 99, planche 10, montre les conditions comparées des distributions ordinaires et de la nouvelle distribution au point de vue du passage de la vapeur, résumé

dans le tableau suivant, qui fait ressortir les sections de passage de la vapeur à l'admission et à l'échappement:

TRACÉS COMPARATIFS

des sections des ouvertures d'admission et d'échappement au point mort à 20 et 30 0/0 d'admission des locomotives n°s 265 à 390 de la locomotive n° 67. (Mars 1890.)

(CES TRACÉS ONT ÉTÉ ÉTABLIS AVEC DES COTES RELEVÉES SUR DES MÉCANISMES EN BOIS.)

Les tracés fins —— — —— se rapportent à la distribution des locomotives n°s 265 à 290.
Les tracés forts ———— se rapportent à la distribution de la locomotive n° 67.
Les tracés pleins ———— indiquent les sections au point mort.
Les tracés en éléments — — — — indiquent les sections à 20 0/0 d'admission.
Les tracés en points +++++++ indiquent les sections à 30 0/0 d'admission.

	LOCOMOTIVES 265 A 390 DISTRIBUTION GOOCH.		LOCOMOTIVE 67 DISTRIBUTION A TIROIRS INDÉPENDANTS.	
	Admission. Surface I.	Échappement. Surfaces E, E'.	Admission. Surface I.	Échappement. Surfaces E, E'.
P. M	2.920	E 19.500 E' 20.490 Totale. 39.990	4.830	E 24.240 E' 58.140 Totale. 82.380
20 0/0	3.750	E 14.230 E' 25.700 Totale. 39.930	7.350	E 18 920 E' 69.580 Totale. 88.500
30 0/0	5 440	E 12.130 E' 30.440 Totale. 42 570	11.130	E 16.170 E' 85.990 Totale. 102.160

Ce relevé en a été fait au moyen de modèles en bois construits grandeur d'exécution.

Les sections de passage sont très augmentées par la nouvelle disposition.

En résumé, la distribution à tiroirs indépendants présente, d'après ces calculs, des avantages très marqués qu'il nous paraît inadmissible de ne pas retrouver dans la pratique, tout au moins en partie.

Et nous devons ajouter en terminant, qu'en choisissant, pour ces essais, des locomotives à grande vitesse, nous avons voulu commencer par l'application qui présente le plus de difficultés, car, c'est un fait connu que, par suite de la grande vitesse des pistons, la vapeur dans ces machines

est mieux utilisée que dans les locomotives à marchandises, pour lesquelles les avantages de notre nouvelle distribution seraient certainement plus saillants en pratique.

Nous attendons d'ailleurs avec confiance les résultats des essais pratiques qui sont commencés, et, dans quelque temps, nous aurons l'honneur d'en faire part à la Société des Ingénieurs civils, comme suite à cet exposé.

Enfin, qu'il nous soit permis de venir ici exprimer publiquement toute notre reconnaissance envers M. Heurteau, directeur, et M. Ernest Polonceau, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans, qui ont bien voulu autoriser et faciliter nos études et nos expériences.

APPENDICE

Comme complément à la note (annexe E) relative à la distribution de vapeur à détente prolongée et à échappement indépendant, nous pouvons donner les résultats des premiers essais qui viennent d'être faits, en les empruntant au résumé de notre communication, qui a été exposé à la Société par M. Ernest Polonceau, dans la séance du 20 juin 1890 :

Le 17 courant (juin 1890), un train composé de seize voitures (160 *t*) a été remorqué par la machine 67 *(nouvelle distribution)* de Paris à Brétigny (31 *km*) à une vitesse de 55 *km* à l'aller et 70 *km* au retour.

La locomotive était munie de deux indicateurs Watt, système Martin Garnier; des diagrammes ont été pris sur chaque cylindre à des vitesses qui ont varié de 25 à 95 *km*.

Ces diagrammes *(Fig. 10, 11, 12 et 13)* sont déposés sur le bureau avec ceux d'une machine 75 de la même série, mais munie d'une distribution ordinaire.

Pour vous faciliter la compréhension des différences, le tracé fort se rapporte à la machine 67 et le tracé faible à la machine 75.

Nous voyons :

FIGURE 10. — *Diagrammes pris à la vitesse d'environ 50 km.* — Pression 8 3/4 *kg*, admission 8 et 9 0/0, régulateur et échappement ouverts en grand.

FIGURE 11. —*Diagrammes pris à la vitesse de 70 km.* — Admission 8 0/0, pression 10 *kg*, régulateur ouvert en grand échappement à demi serré.

FIGURE 12. — *Diagrammes pris à une vitesse de 80 km.*—Admission 9 et 10 0/0, pression 9,6 *kg* et 10,5 *kg*, régulateur ouvert en grand pour la machine 75 et à demi serré pour la machine 67 avec échappement à demi serré également.

FIGURE 13. — *Diagrammes pris à la vitesse de 40 km.* — Admission 25 et 20 0/0, pression 9 et 9 1/2 *kg* (*).

Il est facile de se rendre compte, par la vue de ces figures, des avantages de la nouvelle distribution.

(*) Ici, les admissions sont comptées sur la course du piston et non sur le volume sur lequel se compte la détente. Dans le cas de la fig. 12, la détente est au $\frac{1}{5}$ pour la locomotive 75 et au $\frac{1}{7}$ pour la locomotive 67 à quatre distributeurs.

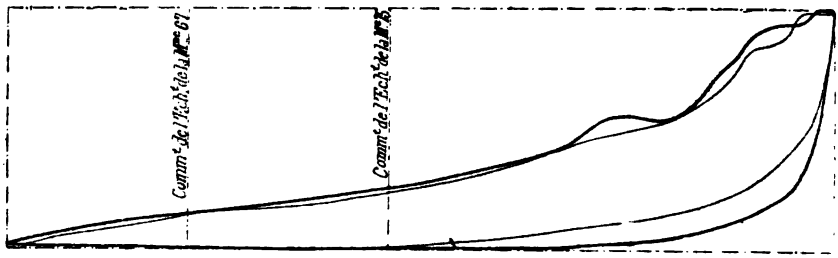


FIG. 10.

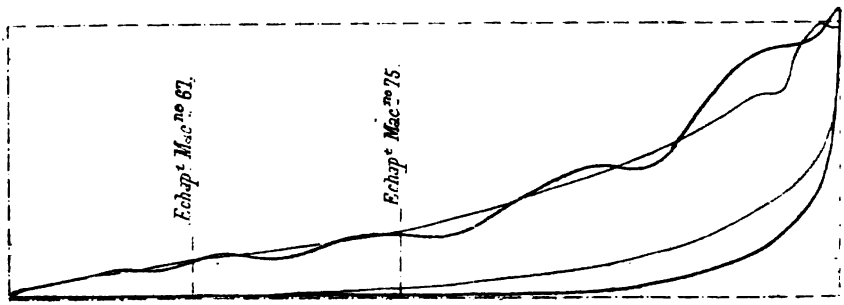


FIG. 11.

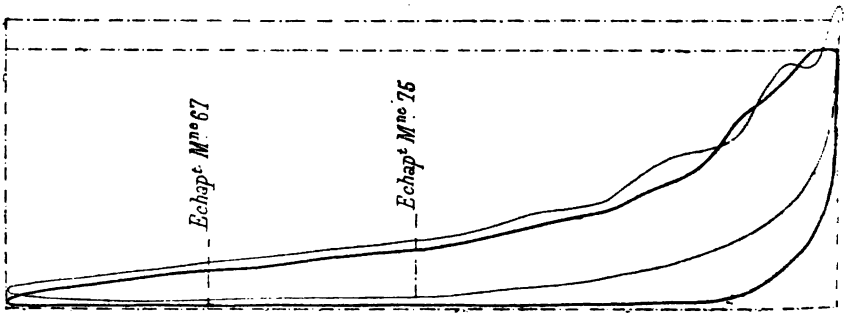


FIG. 12.

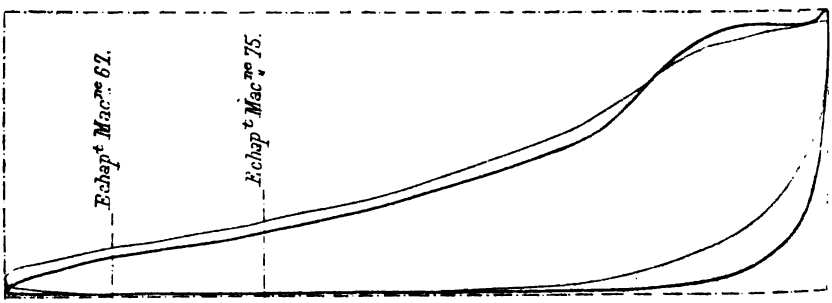


FIG. 13.

La différence la plus saillante entre les deux types de diagrammes est dans la forme de la courbe de compression qui renfle notablement la surface des diagrammes correspondant à la nouvelle distribution.

La courbe est plus renflée à l'admission et la contre-pression est diminuée à grande vitesse.

Si on calcule les dépenses de vapeur correspondant au travail produit en déterminant le poids de vapeur présent au cylindre au commencement de l'échappement et en déduisant le poids de vapeur qui remplit l'espace nuisible, on arrive aux résultats suivants :

NUMÉROS DES FIGURES	NOMBRE DE KILOGRAMMÈTRES PAR GRAMME DE VAPEUR DÉPENSÉE		DIFFERENCE	AVANTAGE POUR CENT POUR LA MACHINE 67	VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE
	MACHINE 67	MACHINE 75			
10	37,2	32,10	5,10	15,8	50
11	39,2	31,6	7,6	24,0	70
12	37,8	34,4	3,4	10,0 (*)	80
13	42,5	33,8	8,7	25,7	40
		Moyenne		18,9	

Plusieurs conditions ayant une influence sur la dépense de vapeur ne ressortent pas de l'analyse des diagrammes, *l'eau entraînée*, par exemple, mais il n'y a pas de raison pour qu'elle soit différente dans des conditions identiques de production de vapeur.

L'espace nuisible est réduit de moitié 4,5 0/0 au lieu de 8 à 9 0/0, une plus grande quantité de vapeur sera utilisée comme pleine pression avec la machine 67.

La diminution de la compression donnera lieu à moins de travail résistant, comme frottement des organes du mécanisme.

Malgré le plus grand nombre des tiroirs et des articulations, le travail total de frottement est moins considérable que celui des tiroirs ordinaires.

Ainsi la pression totale sur chaque tiroir tournant d'admission est :

Pression minima. . . 1 660 *kg*
— maxima. . . 4 180 »

5 840 » moyenne 2 920 *kg* ; la pression totale sur chaque tiroir tournant d'échappement est en moyenne. . . 553 *kg*

(1) Malgré la pression plus faible à l'admission.

La pression moyenne pour les quatre tiroirs de la machine 67 est donc:

$$(2 \times 2\,920) + (2 \times 553\ kg) = 6\,946\ kg.$$

Pour la locomotive 75 à tiroirs ordinaires la pression minima est de . . . . . 6 905 *kg*
La pression maxima est de . . . 9 010 *kg*
15 915 *kg* moyenne 7 957,5 *kg*.

Le coefficient de frottement étant supposé de 0,10, *le travail résistant* qui résulte est par tour de roues, pour les deux cylindres:
Pour la machine 75 à tiroirs ordinaires, 210 *kgm*.
Pour a machine 67 à quatre tiroirs tournants, 180 *kgm*.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

§ 1. — Foyer et combustion 721
2. — Cendrier avec clapet faisant manche à vent 726
3. — Supériorité des foyers gazogènes 727
4. — Réchauffeur d'eau d'alimentation 729
4 *bis*. Fonctionnement des pompes à eau chaude. 730
5. — Prise de vapeur à l'échappement 731
6. — Épuration ou dégraissage de la vapeur 732
7. — Appareil de sûreté du réchauffeur 733
Expulsion de l'air du réchauffeur 734
Siphon faisant joint hydraulique 735
8. — Circulation de la vapeur autour des cylindres 735
11. — Siccité de la vapeur 743
15. — Distribution dans les machines à grande vitesse. 748
20. — Valeur du travail effectif de la vapeur 753
26. — Perfectionnements réalisés dans la construction des machines sans condensation 761
27. — Dépense de vapeur réelle par heure et par cheval effectif 764
28. — Économies pratiques que les machines sans condensation peuvent réaliser 765

Annexe A. — Foyers gazogènes 767
B. — Réchauffage de l'eau d'alimentation 773
C. — Expériences diverses faites à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans : Production, travail, tirage des cheminées, etc. Économie d'eau et de combustible. 777
D. — Détendeur régulateur et sécheur 786
E. — Nouvelle distribution à détente prolongée 788

Appendice. — Résultats des dernières expériences faites à la Compagnie d'Orléans avec la machine 67 à quatre distributeurs 817

CHRONIQUE

N° 126.

SOMMAIRE. — Ponts des chemins de fer aux États-Unis. — Eaux d'alimentation des chaudières *(suite et fin)*. — Tramways à vapeur en Italie. — Anciennes machines compound pour bateaux.

Ponts de chemins de fer aux États-Unis. — Nous avons eu fréquemment l'occasion de signaler le nombre des accidents qui arrivent en Amérique aux ponts de chemins de fer. On en a compté trente et un en 1888 et vingt-deux en 1889. En dehors des causes auxquelles on peut attribuer la fréquence de ces accidents, il est juste de faire remarquer que le nombre des ponts est excessivement considérable aux États-Unis.

M. Théodore Cooper, auteur d'un ouvrage que nous avons déjà signalé « American Railroad Bridges » a cherché à dresser une statistique des ponts et viaducs de chemins de fer aux États-Unis et l'a publiée dans les transactions de l'*American Society of Civil Engineers* de 1889. Il a eu beaucoup de peine à réunir les documents nécessaires à cet égard et nous ne devons pas nous en étonner beaucoup. Aux États-Unis beaucoup d'États n'ont pas de contrôle officiel des chemins de fer, ou, si ce contrôle existe, il est excessivement imparfait; ainsi pour les statistiques des accidents de pont, dans une grande partie des cas, par exemple onze sur trente et un en 1888, la nature du pont est déclarée inconnue, c'est-à-dire qu'on ne peut indiquer s'il était en bois ou en fer.

M. Cooper a rapporté la longueur des ponts et viaducs à la simple voie, c'est-à-dire qu'il a doublé la longueur des ponts à deux voies, d'ailleurs assez rares. Il a entièrement omis les viaducs des chemins de fer aériens. Pour la longueur des lignes, on a tout rapporté à la voie simple. Le tableau A donne la longueur absolue des voies et des ponts et le rapport de ces deux valeurs pour les principales lignes des États-Unis. On voit que ce rapport est extrêmement variable. Il va de 11 à 49,7. Ce dernier chiffre qui est exceptionnellement élevé tient à la présence d'un pont de 35 400 *m* qui franchit le lac Pontchartrain, près de la Nouvelle-Orléans. Si on laisse de côté cet ouvrage, le rapport maximum tombe à 27,3. On comprend facilement que le plus ou moins de longueur de ponts, par kilomètre de voie, tient surtout à la configuration géographique des pays traversés, mais il dépend également de la nature des chemins de fer eux-mêmes ou plutôt de la manière dont ils ont été établis. Les lignes établies économiquement font des détours pour éviter, si possible, la traversée d'un fleuve que d'autres, moins gênées pour les frais d'établissement, franchissent sans hésitation.

Les chiffres donnés dans le tableau A, lesquels se rapportent à une longueur totale de voies de 96 370 *km*, donnent une moyenne générale de 19,1 *m* de ponts par kilomètre de voie.

TABLEAU A

DÉSIGNATION DES LIGNES	Longueur de voie en kilomètres	Longueur totale des ponts en mètres	Mètres de ponts par kilomètre de voie
New-York Central and Westshore	4 659	111 240	23,8
New-York, Lake Erie and Western	2 438	29 130	11,9
Autres lignes de l'État de New-York	5 773	136 000	23,5
Lignes de Pensylvanie	7 007	102 772	14,7
Lignes de la Nouvelle-Angleterre	3 540	53 893	15,2
Réseau de Wabash	2 634	48 801	18,5
Réseau du Missouri Pacific	7 578	171 921	22,6
Chicago, Milwaukiee et Saint-Paul	9 222	187 494	20,3
Saint-Louis et San Francisco	2 320	39 673	17,0
Denver et Rio Grande	2 347	31 169	13,3
Union Pacific	7 654	84 190	11,0
Louisville et Nashville	4 017	98 417	24,5
Réseau Queen et Crescent	1 834	91 262(1)	49,7
Lignes de l'Illinois	13 748	215 798	15,7
Lignes du Michigan	6 683	76 140	11,4
Lignes de l'Iowa	12 522	310 913	27,3
Chemin de fer central de Géorgie	2 394	53 062	22,1
	96 370	1 841 875	19,1

(1) Y compris un pont de 35 000 *m* sur le lac Ponchartrain.

Si on applique ce rapport moyen à la totalité de la longueur des voies des chemins de fer des États-Unis, laquelle s'élève à 260 000 *km* en nombre rond, on trouve une longueur de ponts de 4 960 000 *m*, soit 4 960 *km*, également en nombres ronds.

L'auteur a pu se procurer la répartition par portées diverses, non de cette formidable totalité, mais tout au moins d'une partie montant à environ 42 000 *km*. Le tableau B donne cette répartition.

TABLEAU B

	Longueur totale	Pour cent
Travées de moins de 6,10 *m* de portée	701 426 *m*	83,8
— 6,10 à 15,25	25 980	3,1
— 15,25 à 30,50	28 720	3,4
— 30,50 à 45,75	45 482	5,4
— 45,75 à 61,00	24 568	2,9
— 61,00 à 91,50	9 010	1,1
— 91,50 à 122,00	1 731	0,2
— 122,00 à 152,50	369	0,1
Travées de plus de 152,50	317	0,1
	837 603 *m*	100,00

Si on applique le même procédé que ci-dessus, c'est-à-dire si on prend cette proportion pour les 4 880 *km* de ponts des chemins de fer des États-Unis, on trouve les résultats inscrits au tableau C.

TABLEAU C.

727 200	travées	de moins de	6,10 *m*	faisant	3 901 *km*
18 150	—	—	6,10 *m* à 15,25.	—	195
9 100	—	—	15,25 *m* à 30,50.	—	209
8 000	—	—	30,50 *m* à 45,75.	—	306
3 300	—	—	45,75 *m* à 61,00.	—	176
1 150	—	—	de plus de 61,00.	—	90
766 900			TOTAL		4 877 *km*

Ces résultats comprennent tous les ponts et viaducs tant en fer qu'en bois. Les premiers ont été l'objet de recherches particulières de M. Cooper qui peut fournir les renseignements donnés dans le tableau D sur cette catégorie spéciale d'ouvrages d'art, pour la partie à laquelle se rapporte le tableau B.

TABLEAU D.

5 100	travées	de moins de	6,10 *m*	faisant	27,37
12 900	—	—	6,10 *m* à 15,25.	—	138,46 *km*
4 600	—	—	15,25 *m* à 30,50.	—	106,26
3 900	—	—	30,50 *m* à 45,75.	—	149,73
2 100	—	—	45,75 *m* à 61,00.	—	111,09
950	—	au-dessus de	61,00.	—	78,89
29 550			TOTAL		611,80 *km*

Voici, enfin, quelques renseignements sur les ponts à travées de plus de 61 *m* de portée, mais ils sont très incomplets au moins pour les portées inférieures à 91,50 *m*.

Ponts à	travées	de plus de	152,50 *m*. . .	longueur totale 4,025 *m*
—	—	de 122 *m* à	152,50. . . .	— 6 279
—	—	91,50 *m* à	122,00. . . .	— 8 050
—	—	61,50 *m* à	91,50. . . .	— 24 150
		TOTAL.	. . . . .	42 504 *m*

Les ponts en bois et ponts de construction mixte représenteraient une longueur totale de 4 266 *km* dont la presque totalité, 3 875 *km* en travées ayant moins de 6,10 *m* de portée, mais il y a encore 11 270 *m* de travées de plus de 61 *m* de portée établies dans ce mode de construction.

Sur la longueur totale des ponts et viaducs en bois, il y a un quart qu'on peut considérer comme des ouvrages provisoires, ce sont des estacades destinées à être plus tard remplacées par des remblais; sur le reste, il y a au moins 1 300 *km* qui resteront dans leur état actuel; il y a environ 1 600 *km* d'ouvrages en bois à remplacer progressivement par des ouvrages métalliques, ces ponts et viaducs ont généralement des portées comprises entre 15,25 *m* et 61 *m*. Il y a là un champ fécond de travail

pour les établissements qui s'occupent de ce genre de travaux, surtout si on y ajoute la part corrélative au développement futur des chemins de fer et celle qui correspond aux ponts pour routes ordinaires. Cette dernière seule représenterait une longueur énorme sur laquelle toutefois il est impossible de donner des chiffres suffisamment approximatifs.

Il est bon d'ajouter qu'à l'exception de quelques centaines de travées dont les plus longues ont 80 *m* environ, tous les ponts métalliques des États-Unis ayant des portées de 30,50 *m*, soit 7 000 travées représentant une longueur collective de 338 *km* appartiennent au système américain, formé de pièces réunies par des axes d'articulation.

Nous avons eu la curiosité de rechercher quelle pouvait être pour d'autres pays la proportion de la longueur des ponts à celle des voies. Nous n'avons trouvé au moins pour le moment que les statistiques des chemins de fer suisses qui permissent d'établir immédiatement ce rapport.

On trouve pour l'ensemble des chemins de fer suisses 25 546 *m* de ponts d'une ouverture supérieure à deux mètres, c'est-à-dire non compris les ponceaux, pour 2,853 *km* de voies principales, y compris les doubles voies, mais non les voies de service, garages, etc., ce qui donne 9,30 *m* de pont par kilomètre de voie, c'est-à-dire la moitié environ du chiffre obtenu pour les États-Unis, qui est de 19,10 *m*.

Voici la répartition entre les lignes principales.

LIGNES	Longueur de voies en kilomètres	Longueur de ponts en mètres	Mètres de ponts par kilomètre de voie
Central	439,9	3 364	7,68
Gothard	238,5	5 267	22,08
Jura-Berne-Lucerne	323,4	3 124	9.66
Nord-Est	645,2	5 808	9,00
Suisse occidentale	633,3	4 845	7,65
Union suisse	274,5	2 581	9,40
	2 554,8	24 989	9,78

Le faible rapport constaté pour les chemins de fer suisses s'explique par l'absence de grands fleuves, mais cette absence est compensée en pays de montagnes par le grand nombre de viaducs, comme on le voit par le chiffre très élevé de la ligne du Gothard, lequel se rapproche beaucoup des rapports les plus considérables trouvés pour les chemins de fer américains et donnés dans le tableau A.

Il y a eu aux États-Unis six chutes de ponts métalliques en 1888 et cinq en 1889. Ces chiffres seraient encore considérables, mais il est juste de dire que la presque totalité de ces accidents a été amenée par des causes secondaires, généralement des déraillements qui ont provoqué la rupture de tout ou partie des poutres, conséquence à peu près inévitable avec un mode de construction où la rupture d'une pièce principale amène presque fatalement la ruine complète de l'ouvrage. Quelques-

unes de ces causes font positivement rêver, par exemple la démolition d'un pont causée par le passage d'un chasse-neige trop large ! Ces faits semblent confirmer le dire, rapporté dans la chronique de Juillet 1889, page 99, des ingénieurs américains que l'exploitation a plus de responsabilité que la construction dans les accidents qui arrivent aux ponts des chemins de fer des États-Unis.

Eaux d'alimentation des chaudières *(fin)*. — Quelques procédés d'épuration préalable, basés sur la méthode de Clarke plus ou moins perfectionnée, et dans lesquels on emploie des réactifs susceptibles de précipiter également le carbonate et le sulfate de chaux, ont donné de bons résultats. On emploie avantageusement des réchauffeurs d'eau d'alimentation, lorsque les sels contenus dans l'eau peuvent être précipités par la simple élévation de la température ; il faut avoir soin, dans ce cas, si on opère le réchauffage par la vapeur d'échappement, de ne point mettre celle-ci en contact direct avec l'eau (à cause des matières grasses provenant des cylindres). Lorsque l'eau contient des matières minérales ou organiques en suspension, une simple filtration peut les enlever, mais ce procédé n'agit pas sur les acides.

Il faut dire qu'en général, le matériel exigé pour l'épuration préalable des eaux d'alimentation exige d'assez grandes dépenses d'installation et d'entretien, ainsi qu'une surveillance, ce qui fournit matière à objections ; aussi la pratique préfère souvent traiter l'eau une fois entrée dans la chaudière par des moyens mécaniques ou par des agents chimiques. La meilleure preuve de l'importance de la question est dans le nombre des procédés qui ont été proposés ou essayés. M. Constantine dit que, s'il avait voulu citer seulement un dixième de ces procédés (efficaces ou non), son Mémoire aurait dépassé toute limite raisonnable. Il suffit de dire que quelques-uns ont donné de bons résultats, mais que la plus grande partie ne sont pas sérieux. Si les propriétaires de chaudières voulaient bien réfléchir un peu sur la question et se rendre compte de la nature de leurs eaux, ils ne se laisseraient pas si facilement tromper par des inventeurs de désincrustants.

M. Constantine est d'avis qu'on doit éviter absolument de vider les chaudières sous pression. Le mieux est de jeter le feu, de laisser la pression tomber à 1 *kg* environ et d'attendre que les autels et les maçonneries des fourneaux soient suffisamment refroidis pour vider la chaudière. De la sorte, les dépôts restent sans consistance et peuvent être enlevés à la brosse ou au lavage, tandis que, si on vide la chaudière pendant que les maçonneries et les tôles sont encore à une température élevée, les dépôts se cuisent pour ainsi dire et deviennent très durs. On a constaté que l'action galvanique exercée par le zinc en contact avec les tôles des chaudières est un très bon remède contre la corrosion. Ce procédé est très employé, paraît-il, en Amérique ; il paraît surtout approprié aux chaudières marines.

Il est utile d'indiquer quelques essais pour reconnaître la qualité des eaux d'alimentation.

1° Pour le carbonate de chaux, on ajoute à l'eau de 5 à 10 gouttes

d'oxalate d'ammoniaque; un nuage laiteux se produit rapidement et à la longue il se fait un dépôt au fond du vase.

2° Pour le sulfate de chaux ou l'acide sulfurique, on ajoute quelques gouttes d'azotate de baryte ou de chlorure de baryum. Il se produit un précipité blanc de sulfate de baryte.

3° Pour reconnaître la présence de matières organiques en décomposition, on ajoute une goutte de dissolution de permanganate de potasse, qui donne d'abord une coloration rose-violet, laquelle disparaît plus ou moins vite s'il y a des matières en dissolution.

4° Pour constater la présence du fer, on ajoute quelques gouttes de solution de prussiate de potasse; on obtient alors une coloration bleue caractéristique de la présence du fer.

L'auteur recommande particulièrement aux propriétaires de chaudières de faire faire l'analyse qualitative de leurs eaux, opération peu coûteuse et qui leur permettra de combattre le mal en connaissance de cause. Il leur faut se défier des compositions qui doivent servir de panacées, parce qu'il n'y a pas de substance qui puisse agir sur toutes les eaux, quelles que soient leur composition et les matières qui s'y trouvent contenues. Il est bon d'avoir recours aux Sociétés d'inspection, car, quelque habile et intelligent que puisse être un ingénieur ou un directeur d'usine, il ne peut avoir la même compétence dans cette question qu'une personne qui en fait l'objet continuel de ses études et qui en a par conséquent acquis une expérience toute spéciale.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. Constantine, il a été rapporté un grand nombre de faits intéressants. A Manchester, où les eaux de la ville sont très mauvaises, on se trouve bien de l'addition de sel de soude. La pratique de nettoyer les chaudières manuellement donne de bons résultats. Un Membre cite une Société qui, en faisant nettoyer ses chaudières une fois par semaine, arrive à économiser 100 *t* de charbon par semaine (!). Les eaux des villes présentent de grandes différences de composition entre elles. A Dublin et à Cork, les chaudières éprouvent très peu de corrosion en marche continue; mais, si on ne les fait travailler que par intermittence, elles s'attaquent rapidement.

Une excellente pratique, empruntée à la marine, est de sécher les chaudières à l'intérieur, lorsqu'on ne s'en sert pas. L'emploi de la soude en excès est dangereux pour les générateurs; il faut se défier beaucoup des désincrustants.

On doit conseiller vivement l'emploi de chaudières de rechange, permettant le nettoyage périodique; c'est une pratique économique, en fin de compte.

Le fer au bois a une résistance spéciale à la corrosion; on en cite des exemples remarquables où des chaudières faites avec cette qualité de tôles ont pu employer sans aucune altération, pendant un laps de vingt-cinq ans de service, des eaux réputées très corrosives.

Tramways à vapeur en Italie. — Les comptes rendus de la dernière assemblée générale (Milan, août 1889) de l'Union Internationale permanente des Tramways contiennent un rapport de M. Bianchi,

président de l'Association italienne de Tramways, sur les conditions caractéristiques requises pour l'établissement et l'exploitation utile d'un tramway à vapeur, rapport des plus intéressants en ce que cette partie très importante de la question ne figure généralement pas dans les publications qui s'occupent de l'établissement et de l'exploitation des tramways à vapeur.

Les éléments qui concourent à donner une idée exacte des conditions requises pour un tramway projeté peuvent se classer, suivant leur nature, en topographiques, statistiques, techniques et financiers.

Voici les conclusions du travail de M. Bianchi :

Pour l'établissement utile d'un tramway, l'on peut considérer, au moins en Italie, les critériums et conditions fondamentales suivants :

1° On n'établira pas un tramway, lorsque la population renfermée dans la zone à desservir, c'est-à-dire 4 à 5 *km* latéralement à la ligne, est inférieure à 100 habitants par kilomètre carré.

2° On adoptera un tracé qui suive, pour le plus long parcours possible, une route nationale ou provinciale n'exigeant que peu de modifications d'une importance limitée.

3° Le susdit tracé, au moins dans sa plus grande longueur, se trouvera à 4 ou 5 *km* au moins d'un chemin de fer ordinaire ou d'un cours d'eau navigable.

4° Il ne sera adopté aucune courbe d'un rayon inférieur à 50 *m*. admettant seulement des courbes de moindre rayon dans des cas tout à fait exceptionnels et dans les agglomérations. Les rampes ne dépasseront pas 2 0/0.

5° La partie de route à occuper sera séparée de la partie restante, soit par une file de bornes, soit par son rehaussement.

6° Dans les villes, villages et hameaux, la voie sera placée de façon à conserver un espace libre de 1 *m* au moins entre elle et les maisons.

7° En général, l'armement de la voie sera fait en rails Vignoles de 18 *kg* le mètre courant et à l'écartement de 1,445 *m*.

8° Des stations avec bâtiments seront établies aux têtes de ligne seulement, et leur importance sera proportionnelle à la longueur de la ligne et au mouvement probable qu'on en attend.

9° Les locomotives seront du poids minimum de 10 *t*, et leur nombre sera également proportionnel à la longueur de la ligne.

10° Les voitures et wagons seront d'un type uniforme et leur nombre proportionnel.

11° Les garages seront fréquents, répartis selon les besoins du service et spécialement dans les points d'arrêt des trains, et leur longueur devra permettre d'y garer deux trains.

12° Une des stations sera pourvue d'un atelier pour les réparations du matériel de traction et de transport.

13° Le personnel de l'administration et de l'exploitation sera limité au strict nécessaire, de façon que la dépense ne dépasse pas 25 0/0 des recettes probables.

14° On aura une brigade spéciale d'ouvriers pour l'entretien permanent de la voie.

15° Le nombre des cantonniers ou ouvriers employés à la surveillance

et à l'entretien courant de la voie sera fixé en raison de la longueur de la ligne.

16° On adoptera pour le transport des marchandises les tarifs les plus aptes à enlever ces transports au charroi ordinaire.

17° Les tarifs-voyageurs ne devront pas être inférieurs à :

0,06 *f* par kilomètre en 1re classe.
0,04 *f* — 2e —

La diversité des conditions et la variété du coût d'établissement des lignes de tramways en Italie rendent assez difficile l'évaluation de la dépense à laquelle on peut s'attendre pour un cas donné. Voici néanmoins, à titre de renseignement, le coût de quelques lignes de tramways à vapeur de l'Italie du Nord, citées par M. Bianchi :

	Longueur en kilomètres	Coût kilométrique
Ligne de Mantoue-Ostiglia (matériel roulant non compris). . .	37,130	41 615 *f*
— Mantoue-Asola — — . . .	36,030	32 520
— Mantoue-Viadana — — . . .	41,758	35 901
— Monza-Barzano — — . . .	19,301	46 907
— Rivarolo-Cuorgné — — . . .	10	63 090
— Milan-Magenta (matériel roulant compris).	23,500	33 000
— Vittuove-Castano — —	19,200	
— Milan-Lodi — —	29,692	54 000
— Milan-Pavie — —	33,200	37 650
— Vercelli-Aranco — —	48	42 600
— Vercelli-Trino — —	17,900	

L'auteur estime que les tramways à vapeur ont un vaste champ de profits à récolter dans le transport des produits agricoles et des marchandises de toute sorte dont ils peuvent espérer un avenir moins incertain que du seul service des voyageurs qui est soumis à des fluctuations considérables dépendant quelquefois de circonstances imprévues, tandis que le trafic des marchandises tend à augmenter infailliblement en raison des progrès qui se manifestent dans les rapports continus des communes rurales entre elles et avec les grands centres de population.

Anciennes machines compound pour bateaux. — Au sujet des articles que nous avons publiés dans les Chroniques d'octobre et décembre 1889 sur l'origine de la machine compound, notre collègue, M. J. Kraft, l'éminent Ingénieur en chef de la Société John Cockerill, a bien voulu nous communiquer les renseignements suivants, recueillis par lui dans un récent voyage en Russie.

M. Kraft a vu sur le Volga trois remorqueurs, le *Sampson*, l'*Hercule* et le *Volga*, portant des machines compound construites par Roentgen aux ateliers et chantiers de Fijnoord (Rotterdam). Les bateaux ont été commandés en 1845 et livrés en 1847. Le soubassement des paliers porte cette dernière date venue de fonte.

Les cylindres sont fixes, placés l'un vis-à-vis de l'autre, et inclinés avec

les bielles actionnant la même manivelle; un long tuyau réunit les cylindres opposés et forme réservoir intermédiaire; c'est la disposition représentée sur la figure 10 de la planche 61 des Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, année 1873.

A l'origine, la pression de la vapeur était de 95 livres, 6,7 *kg* par centimètre carré. Les chaudières ont été changées plus tard et on travaille actuellement à 120 livres (8,5 *kg* par centimètre carré).

Le diamètre du petit cylindre est de 30 1/2 pouces, 0,775 *m*.

Le diamètre du grand cylindre est de 60 1/2 pouces, 1,537 *m*.

La course des pistons est de 7 pieds, 2,134 *m*.

La puissance indiquée est dite être de 800 chevaux.

Les cylindres ont des tiroirs à pistons.

Le bâti de la machine est en tôle et cornières.

Les machines ont marché sans réparation depuis leur établissement: il n'y a que les chaudières qui aient été renouvelées.

M. Kraft a trouvé sur le *Sampson* (15 avril 1890) un chef mécanicien, originaire des provinces rhénanes, qui conduisait les machines depuis trente ans.

Nos collègues apprécieront, nous n'en doutons pas, l'intérêt de ce renseignement inédit et sauront gré à M. Kraft de l'obligeance avec laquelle il a bien voulu nous en faire part pour la Société des Ingénieurs civils.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1890.

Rapport de M. Liebaut sur le **pressoir continu** de M. Gayon.

Ce pressoir comporte cinq cylindres, le premier dit *entraîneur*, le second dit *égrappeur*, le troisième dit *pressureur*. Ce dernier est pressé contre le quatrième cylindre, dit *principal*, par un ressort de voiture commandé par une vis de pression. Un dernier cylindre sert à conduire une toile sans fin qui amène la matière à presser dans l'appareil. Les cylindres sont conjugués par des engrenages. Ce pressoir est heureusement combiné; il faut, toutefois, que l'expérience confirme sa valeur pour les opérations pratiques de la viticulture.

Rapport de M. Ch. Rossigneux sur **le recueil d'éléments des prix de construction** de M. A. Mégrot.

Rapport de M. Armand-Dumaresq sur **le cours de dessin et la méthode d'enseignement des frères Robert.**

MM. Robert, professeurs à l'École de dessin et de modelage des fabricants de bronze, qui est gratuite et compte de 70 à 80 ouvriers de tout âge, ont composé et dessiné, sur des toiles de 1,40 *m* de hauteur sur 0,40 *m* de largeur, 71 tableaux où ils ont réuni les types et exemples des différents styles pour en faciliter l'étude. Ces 71 tableaux contiennent environ 2 000 figures relatives à l'ornementation. Avant la leçon, les élèves ont une heure pour faire des études d'après ces tableaux; ils en font un résumé écrit accompagné de croquis qu'ils soumettent au professeur. Cette méthode donne les meilleurs résultats pour réaliser l'instruction artistique des ouvriers.

Rapport de M. Ed. Simon sur les **appareils à filer la soie** de M. Léon Camel, construits par les chantiers de la Buire, à Lyon.

On sait que la soie la plus tenue du commerce, la soie grège, se compose de *bouts* accolés et successivement échelonnés. La *jetée* qui, d'ordinaire, s'effectue à la main a pour objet d'ajouter un cocon à ceux en cours de devidage lorsque les derniers s'épuisent ou que l'un d'eux se détache.

Cette opération est très délicate; la méthode de filage de M. Camel est basée sur l'emploi d'un nouveau jette-bout automatique. Ce jette-bout

est constitué par un tube vertical fixe, muni d'agates pour le guidage du fil qui traverse ce tube, et par un tube concentrique au premier et qui tourne à une vitesse de 12 à 1 500 tours par minute. Ce dernier porte à la partie supérieure une poulie à gorge actionnée par une corde sans fin et au-dessous, au tiers de la hauteur, une lentille munie d'encoches périphériques, régulièrement espacées. Le bord inférieur du même tube est finement dentelé.

Lorsque l'ouvrière doit ajouter au faisceau soyeux un cocon nouveau, elle approche du bord de la lentille le brin additionnel; ce brin est aussitôt saisi par une encoche du disque qui l'entraine en le doublant. L'extrémité libre contourne le tube au-dessus de la lentille, tandis que la partie la plus rapprochée du cocon décrit une hélice en dessous jusqu'au bord dentelé, d'où elle s'enroule sur le fil animé d'un mouvement ascensionnel d'environ 200 *m* par minute. L'examen au microscope indique que les rattaches faites ainsi ont lieu dans des conditions bien supérieures à celles des rattaches faites à la main, quelle que soit l'habileté des ouvrières.

Sur les **locomobiles militaires à lumière,** par M. P. Lemonnier.

Les locomobiles à lumière employées pour les expéditions militaires se composent essentiellement d'une chaudière, d'un moteur à vapeur et d'une dynamo, le tout monté sur un chariot.

La puissance nécessaire est de 8 à 10 chevaux.

On a surtout employé jusqu'ici des chaudières Field et des moteurs Brotherhood. Mais la locomobile qui fait l'objet de cette note a une chaudière De Dion, Boutan et Trépardoux et un turbo-moteur et dynamo Parsons. Elle ne pèse que 2 000 *kg* et ne consomme que 40 à 45 *kg* de combustible à l'heure, tandis que les machines précédentes pesaient 3 200 *kg* et dépensaient environ le double. Cet avantage considérable est dû aux parties constituantes de l'appareil : le générateur, le moteur et la dynamo.

La chaudière est verticale et comprend un tube central rattaché à une enveloppe annulaire par des tubes rayonnants, le tout contenant l'eau. Le type employé dans les locomobiles dont il s'agit pèse 650 *kg* et contient 100 à 110 *l* d'eau; il vaporise 260 *kg* à l'heure à tirage ordinaire et 440 à tirage forcé pour 6 m^2 de surface de chauffe environ, ce qui donne respectivement 43 et 73 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure; on vaporise donc, à tirage ordinaire, 40 0/0 du poids de la chaudière, résultat excellent, car avec les chaudières Field on n'obtient que 15 0/0 et avec les chaudières multitubulaires 30 0/0 du poids de la chaudière.

A tirage ordinaire, on vaporise 6,40 et, à tirage forcé, 6,60 d'eau pour 1 de charbon.

Cette chaudière se démonte et peut être visitée et nettoyée dans toutes ses parties. C'est une qualité sur laquelle on ne saurait trop insister.

Le moteur est, comme on l'a dit, une turbine à vapeur de Parsons tournant à 8 ou 10 000 tours à la minute, qui pèse 304 *kg*, tandis que le moteur Brotherhood de même puissance pèse 970 *kg*. Nous ne revien-

drons pas sur la description de la turbine qui a été donnée précédemment (voir Comptes rendus de mai 1890, page 668). Notons seulement qu'on aurait constaté, avec le turbo-moteur, une dépense de graissage du tiers seulement de ce qu'elle est avec les petites machines pilons de même puissance.

Rapport de M. PIERRON, inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de fabrique, sur les **travaux techniques exécutés sous sa direction** du 1er janvier au 31 décembre 1888.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, à décerner dans les années 1890 à 1896.

Description de **quelques nouvelles formes d'appareils Bessemer** (extrait d'une brochure d'Henry Bessemer).

Il s'agit notamment de l'appareil de Davy, très répandu aux États-Unis, principalement pour le coulage de l'acier dans des moules en terre.

C'est un engin portatif qu'on amène dans l'atelier de moulage et qui peut verser directement dans les moules sans nécessiter de poches de coulée.

Les résultats obtenus sont très satisfaisants et l'installation est beaucoup moins coûteuse qu'avec des fours Martin.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

FÉVRIER 1890

Les ports maritimes de la Hollande, Rotterdam et Amsterdam, par le baron QUINETTE DE ROCHEMONT, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le trafic des ports de Rotterdam et d'Amsterdam avait eu beaucoup à souffrir de la diminution progressive de la profondeur d'eau dans leur voies d'accès, diminution amenée par les alluvions charriées par le Rhin et la Meuse. Aussi, pour remédier à cette situation, des travaux très considérables ont-ils été entrepris depuis quelques années.

Le port de Rotterdam se trouve sur la nouvelle Meuse, et son accès ne pouvait depuis longtemps être obtenu par les grands navires que par des détours considérables, soit en contournant le Goerce, soit au moyen des chenaux de la Hollande méridionale. Aussi le gouvernement hollandais fit-il construire, de 1827 à 1829, un canal de 10 544 *m* de lon-

gueur, à travers l'île de Voorne. Ce canal a des écluses de 70 × 14 *m*, et sa profondeur d'eau sur les seuils est de 5,60 *m*.

On comprend que, avec ces dimensions, cette voie de communication ne tarda pas à devenir insuffisante. En 1857, on commença à étudier sérieusement la question. Le projet adopté fut celui de M. Caland, Ingénieur du Waterstaat qui adoptait le lit du Scheur, en lui donnant un nouveau débouché à la mer à travers les dunes du Hoek van Holland ; deux digues devaient reporter l'entrée en mer aux profondeurs de 7 *m* à haute mer et 5,50 *m* à basse mer.

Ces travaux furent commencés en 1863, et les navires de commerce jaugeant 4 000 *t* purent arriver à Rotterdam par la nouvelle voie en 1875. Toutefois, à cette époque, il se produisit entre les jetées de grands amas de sables et de vases, et la situation devenait critique lorsqu'on décida d'élargir la coupure à travers le Hoek van Holland, qui était insuffisante pour permettre à la marée de se propager librement dans le Scheur. Ces travaux sont encore en cours d'exécution et les résultats sont satisfaisants actuellement. On sera néanmoins obligé de recourir encore d'une manière permanente au dragage pour assurer le maintien des profondeurs nécessaires à la navigation.

Les frais d'entretien annuels de la nouvelle voie d'accès dont nous venons de parler, et dont l'établisssement avait coûté, au 31 décembre 1887, 26 000 000 *f*, peuvent être estimés à 1 042 000 *f* dont 700 000 pour les dragages.

Le port de Rotterdam comprend un mouillage en rivière, des quais et des bassins sur les deux rives du fleuve et un dock flottant pour la visite et la réparation des navires.

Les quais ont 4 249 *m* de développement sur la rive droite et 2 100 *m* sur la rive gauche.

Les bassins de la rive droite ont 29 *ha* de superficie et 10 *km* de longueur de quais; mais sur une partie, la profondeur d'eau est inférieure à 3 *m*.

Sur la rive gauche, se trouvent une coupure faite à travers la partie nord de la presqu'île de Feijenoord qu'on appelle le Koningshaven et trois bassins, le Binnenhaven, le Spoorweghaven et l'Entrepôthaven. La superficie totale des divers bassins des deux rives est de 51 *ha* environ, avec un développement total de quais de 22 184 *m* dont 8 239 ayant plus de 6 *m* d'eau à leur pied, à basse mer.

Le mémoire décrit les modes de fondation des murs de quais tous établis sur pilotis, dont la longueur ordinairement de 16 *m* a été parfois portée jusqu'à 19, les ponts mobiles, qui sont en grand nombre, la plupart à bascule et beaucoup mus mécaniquement par l'eau ou par des moteurs à gaz, et les appareils de radoub. Ces derniers se composent d'un dock flottant en fer, appartenant à la ville, d'un dock flottant en bois et de plusieurs plans inclinés de faibles dimensions, appartenant à des particuliers. Le dock flottant en fer se compose de deux parties. Nous l'avons précédemment décrit dans notre Chronique d'Octobre 1885, page 512.

Les installations, outillage, hangars, magasins, grues, etc., sont très importantes. On compte notamment 54 appareils de levage, dont 1 de

20, 1 de 25 et 3 de 30 *t*, plus deux élévateurs pour embarquer les charbons amenés par chemin de fer.

Les aménagements actuels sont néanmoins devenus insuffisants et on se préoccupe de leur agrandissement.

L'amélioration des anciens bassins a été décidée ainsi que la construction d'un nouveau bassin, le Rijnhaven, qui aura 750 *m* de longueur sur une largeur variant de 200 à 450 *m* et communiquera directement avec la Meuse par un pertuis de 140 *m* d'ouverture.

Le creusement de ce bassin s'opère actuellement par des dragages. En outre de nouveaux bassins destinés à la navigation intérieure sont en projet entre Rotterdam et Delfshaven, localité qui lui a été annexée récemment. Suivent des renseignements commerciaux et statistiques sur la navigation intérieure et maritime, l'exploitation du port, le trafic, les droits à payer et leur produit, etc.

On sait qu'Amsterdam est situé sur la rive sud de l'Y, lac qui communique avec le Zuiderzée, qui était au commencement du siècle la seule voie par laquelle on pouvait communiquer entre la mer et Amsterdam. Pour obvier aux difficultés de la navigation à travers les basfonds du Zuiderzée, on établit, de 1819 à 1825, le canal de Noord Holland, qui suffit jusqu'en 1860, époque à laquelle ou commença la construction du canal direct d'Amsterdam à la mer, canal qui débouche en pleine côte à Ymuiden. Ce débouché est abrité par deux digues ou jetées enracinées sur la côte à 1 180 *m* de distance et se rapprochant de manière à se trouver à 660 *m* l'une de l'autre, à 1 200 *m* du rivage, et à laisser entre leurs musoirs une passe de 260 *m*. Ces jetées ont chacune 1 550 *m* de longueur.

Le résultat a été satisfaisant. En fait, à Ymuiden, les atterrissements provoqués par l'établissement des digues ne progressent plus que très lentement.

Le trajet de la mer à Amsterdam s'effectue en quatre heures. Nous renvoyons pour les renseignements généraux concernant le canal d'Amsterdam à la mer du Nord à notre Chronique de Janvier 1890, page 122.

Le port d'Amsterdam comprend un mouillage dans l'Y, des quais et appontements le long de la rive sud de ce lac et des bassins pour les navires de mer et bateaux de navigation intérieure. Les premiers ont un développement de 4 365 *m*. Les bassins au nombre de neuf ont ensemble 173 *ha* de superfice et 7 845 *m* de longueur de quais accostables.

Il y a comme à Rotterdam de nombreux ponts de tous types et de toute importance dont les plus considérables sont ceux qui donnent pas sage au chemin de fer.

Il y a, comme appareils de radoub, quatre formes flottantes en bois de médiocres dimension, quatre docks flottants en fer pouvant être employés séparément ou être réunis et une grande forme flottante de 122 *m*, plus quelques cales de halage dans les chantiers de construction.

Une particularité à noter à Amsterdam est le rafraichissement de l'eau dans les canaux, qui s'obtient par une vidange sur 0,20 *m* de hauteur et un remplissage, opérations qui s'exécutent toutes les nuits. Nous renverrons à ce sujet et pour quelques autres concernant le port d'Amsterdam aux notices publiées dans les bulletins de la Société à l'occasion de la

visite de celle-ci en Hollande en 1883. (Voir Bulletin de 1883, II, page 681, etc.

Les travaux en cours d'exécution ou en projet comprennent un bassin à pétrole, un nouvel entrepôt et un nouvel établissement au notd de l'Y. Les dépenses faites pour l'amélioration du port d'Amsterdam depuis l'ouverture du canal de la mer du Nord s'élèvent à 19 millions de francs, non compris les sommes dépensées pour les chemins de fer et pour l'entrepôt. La note contient des renseignements statistiques et commerciaux analogues à ceux qui ont été donnés pour Rotterdam.

Les communications entre Amsterdam et la Merwede s'effectuent actuellement par des canaux qui ne laissent passer que des bateaux de 7,50 *m* de largeur et 2,10 *m* de tirant d'eau.

On a décidé d'améliorer cette situation par la construction d'un canal de 72 *km* de longueur dont la largeur ne descendra pas au-dessous de 20 *m* au plafond et le tirant d'eau à moins de 3,10 *m*. Ce canal sera divisé en trois biefs, avec des écluses de 140 *m* de longeur et 12 *m* de largeur. On estime à 33 millions de francs les dépenses que nécessitera l'établissement de cette voie de navigation qui est en exécution, mais dont l'achèvement se trouve retardé par des difficultés administratives relatives à la traversée des polders que les associations syndicales refusent d'accorder, sans qu'aucun moyen légal permette jusqu'ici de surmonter leur opposition.

La note décrit les divers ouvrages que comportent ces travaux, entre autres les écluses, les ponts, les siphons, etc. Les dépenses faites au 31 décembre 1887 s'élevaient en chiffre rond à 25 millions de francs dont 21 pour les travaux et 4 pour les expropriations.

Mars 1890

Notice sur M. Onfroy de Breville, par M. de Lagrené, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Mémoire sur la filtration, par M. Clavenad, Directeur des travaux de la ville de Lyon, et M. Bussy, Ingénieur.

La filtration est une opération qui correspond au passage d'un liquide à travers une masse solide quelconque. Son étude est celle du mouvement des liquides dans les espaces capillaires, mouvement qui dépend essentiellement du frottement.

La note comprend l'établissement de formules relatives à la filtration et la vérification expérimentale de ces formules par la comparaison des débits calculés et des débits mesurés. En outre des expériences spéciales faites avec des tubes de dimensions réduites par lesquelles cette vérification a été opérée, l'application a été faite sur les galeries filtrantes de Saint-Clair et sur des puits. L'accord a été trouvé très satisfaisant.

Note sur **Diverses expériences concernant les ciments,** faites au laboratoire du service maritime du Pas-de-Calais, par M. R. Feret, ancien élève de l'École polytechnique, Chef du laboratoire.

Cette note étudie successivement la composition du ciment et les moyens de contrôle des ciments fabriqués, tels que les essais gravimétriques, les essais de prise, de résistance, le contrôle à l'usine, l'étude micrographique des ciments, l'examen des ciments pris, etc., l'influence de la finesse des ciments sur leurs propriétés, les considérations sur le rôle des gros grains.

La conservation du ciment avant son emploi, l'éventation sont également examinées.

L'auteur fait observer que si les diverses expériences décrites dans sa note sont toutes relatives à la qualité intrinsèque du ciment, il y a une autre question, non moins importante, dont il faut tenir compte. Il s'agit des recherches sur l'influence exercée sur les propriétés des ciments par la manière, dont ils ont été employés et fabriqués, ainsi que sur les conditions de milieu imposées aux constructions, recherches tendant à déduire le mode d'emploi du ciment qui convient le mieux aux différents genres de maçonnerie. L'auteur a fait un certain nombre d'expériences dans ce sens, mais ces essais, pour être utilement groupés en un même ensemble, ont besoin d'être répétés dans un grand nombre de cas différents et de recevoir la sanction du temps, facteur d'une importance capitale en matière de composés hydrauliques et auquel on n'a pas encore trouvé le moyen de suppléer.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Sud-Est.

Séance du 2 mars 1890.

Communication de M. Pechiney, sur le **Procédé Weldon-Pechiney pour la production du chlore.**

Ce procédé est appliqué depuis plus de deux ans à l'usine de Salindres. Il repose sur la décomposition à haute température, en présence de l'air, du chlorure de magnesium en vapeur d'eau, acide chlorhydrique et chlore libre. Un tour de main est nécessaire ; l'état pâteux du chlorure de magnesium rendant la décomposition difficile, on le transforme en oxychlorure de magnesium qui reste solide sous l'influence de la chaleur et qui donne les mêmes réactions que le chlorure ; on a comme résidu de la magnésie.

L'opération comporte cinq phases : 1° La formation du chlorure par l'action de l'acide chlorhydrique provenant de la décomposition du sel marin sur la magnésie qui est le résidu de la calcination ; 2° la préparation de l'oxychlorure par l'addition de magnésie au chlorure de ma-

gnésium obtenu par l'opération précédente; 3° le concassage broyage et tamisage de l'oxychlorure; 4° la dessiccation de cet oxychlorure à une température qui ne doit pas dépasser 250 à 300 degrés; cette dessiccation s'opère par un système dans lequel l'oxychlorure est mis en couches de 5 ou 6 *cm* d'épaisseur sur des tablettes superposées portées par des wagonnets qui circulent dans un carneau en sens inverse des gaz chauds; 5° la décomposition de l'oxychlorure qui se fait dans des fours très étroits placés l'un à côté de l'autre dans un même massif; ces fours sont chauffés à la manière des fours de boulanger par des brûleurs à gaz, on les remplit ensuite de la matière à décomposer, et l'air est introduit par des ouvertures ménagées à cet effet. Les gaz et vapeurs qui en sortent traversent un refrigerant puis des condenseurs, et le chlore libre est dirigé vers les appareils où il doit être absorbé.

Le succès de ce procédé tient en grande partie aux ingénieuses dispositions mécaniques qui y ont été appliquées.

Communication de M. Lombard sur **le percement rapide des galeries en rocher.**

Le principe de cette méthode appliquée d'abord au tunnel du col de Cabre (ligne de Die à Veynes), puis aux charbonnages des Bouches-du-Rhône et aux mines de Valdonne, est le suivant :

1° Prépondérance de l'explosif qui doit être aussi puissant que possible et employé en grande quantité ;

2° Disposition régulière des trous de mines tous parallèles à l'axe de la galerie ;

3° Profondeur des trous limitée à 0,75 à 1 *m* ;

4° Percement des trous aussi vite que possible par des perforateurs à main (peu dispendieux) faciles à installer et avec des ouvriers assez forts et assez habiles povr obtenir deux volées par poste ;

5° Sautage simultané des coups de mine et déblayage rapide facilité par le brisement complet de la roche.

Aux mines de Gardanne, pour une galerie de 2 *m* sur 2 *m*, dans un calcaire compact assez dur, on a obtenu un avancement de 15,70 *m* à raison de 4,175 *m* par jour, avec une dépense de dynamite de 4,7 *kg* par mètre, soit 27,75 *f*. Avec un personnel plus habitué, on arriverait facilement à un avancement de 5 *m* par jour.

Aux mines de Bessèges, on a comparé la méthode nouvelle avec l'ancienne par le percement d'une galerie qui a duré trois mois; la conclusion est que, avec la nouvelle méthode, on peut compter marcher 2,6 à 2,5 fois plus vite qu'avec l'ancienne et que le prix de revient est sensiblement le même. Si on tient compte de la nature différente des terrains que l'on peut rencontrer, la conclusion générale peut être formulée comme suit : avec la nouvelle méthode, il est permis d'espérer, dans la majorité des cas, un avancement au moins double de celui qu'on obtiendrait à la main, sans augmentation sensible du prix de revient dans les terrains favorables et avec une majoration de 25 à 50 0/0 dans les roches dures et compactes.

Appareil Cordier servant à déterminer la limite d'élasticité des métaux et à mesurer les allongements sous des charges diverses.

Le principe de cet appareil très ingénieux consiste à monter sur la barrette d'épreuves et isolés de celle-ci par du caoutchouc, des colliers portant des pièces qui sont en contact et qui transmettent un courant électrique agissant sur une sonnerie. Lorsqu'on agit par traction sur l'éprouvette, dès qu'il se produit un allongement, le contact cesse et le courant ne passant plus, la sonnerie s'arrête. Si l'allongement n'est pas permanent, la suppression de la charge rétablit le contact et la sonnerie marche de nouveau; si, au contraire, la limite d'élasticité a été dépassée, le contact ne se reproduit plus. On arrive à constater la limite d'élasticité par une série de charges et de suppressions de charges successives augmentant peu à peu, par kilogramme ou demi-kilogramme à la fois.

Pour mesurer l'allongement élastique ainsi que les allongements sous des charges diverses, il y a une vis qui met en contact les deux parties de l'appareil et qui forme vernier; elle a 1 *mm* de pas et porte une tête divisée de manière à apprécier les vingtièmes de millimètre.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 12 avril 1890.

Communication de M. Rateau sur **les turbines à vapeur.**

A la suite de la turbine Parsons, décrite dans la séance précédente (voir compte rendu de mai 1890, p. 668), est venue la turbine Dow, qui présente des dispositions intéressantes.

La vapeur arrive au centre et agit sur deux roues à palettes, placées une d'un côté, l'autre de l'autre côté et fixées sur le même arbre, mais la vapeur passe du centre à la circonférence en agissant sur une série d'aubes disposées suivant des circonférences et séparées les unes des autres par des séries de couronnes fixes portant également des ailettes. Il y a six rangées concentriques de chaque espèce, c'est-à-dire six couronnes mobiles et six couronnes fixes. Les coussinets ne présentent rien de particulier. La turbine Dow, de 14 *cm* de diamètre, tourne à 300 à 350 tours par seconde et, alimentée par de la vapeur à 5 *kg* de pression, donne 10 chevaux environ, en consommant 22 *kg* de vapeur par cheval et par heure.

M. Rateau présente ensuite quelques considérations générales sur les turbines à vapeur. Au point de vue de la vitesse *maximum* qu'on peut atteindre, si l'on admet la possibilité de faire travailler couramment du métal à 25 *kg* par millimètre carré et si l'on dispose convenablement les

pièces, on doit admettre aussi des vitesses périphériques dépassant 150 *m* par seconde et se rapprochant de 200 *m*. Ce dernier chiffre a été atteint, paraît-il, par M. Parsons, qui a pu faire tourner une de ses turbines à 600 tours par seconde. D'autre part, étant données les limites de résistance du bronze d'aluminium et de l'acier de très bonne qualité, 65 *kg* par millimètre carré, on voit qu'il serait absolument impossible d'atteindre la vitesse périphérique de 300 *m* par seconde sans avoir de ruptures.

Les inconvénients des turbines à vapeur sont : 1° l'échauffement des coussinets qu'on ne peut combattre sans des précautions spéciales, telles qu'une circulation continue de l'huile ; 2° la difficulté de conduire des arbres quelconques, à cause de la vitesse vertigineuse de rotation, à moins de recourir à l'emploi de transmissions retardatrices plus ou moins difficiles à réaliser ; 3° la difficulté d'y appliquer la condensation.

Les avantages sont : 1° la grande puissance sous un faible poids et un faible encombrement ; 2° l'absence de danger de la part des pièces en mouvement qui n'ont qu'un mouvement de rotation continue et sont renfermées ; 3° la régularité parfaite du mouvement de rotation ; 4° les résistances passives insignifiantes ; 5° l'action des parois à peu près nulle, puisque l'écoulement de la vapeur a toujours lieu dans le même sens ; 6° le cycle en apparence plus parfait ; ce dernier point paraît cependant très contestable.

On est amené à se demander s'il vaut mieux utiliser la force de la vapeur sous forme de vitesse ou sous forme de pression. L'auteur se livre à un long calcul appuyé sur les chiffres donnés par Zeuner et trouve qu'il y aurait un léger avantage théorique à faire agir la vapeur par sa vitesse. Sa conclusion est que, si on parvient à disposer et à construire les turbines à vapeur de manière à réduire notablement les pertes de charge et à leur appliquer la condensation, elles entreront pleinement dans la pratique industrielle et remplaceront les machines actuelles, non seulement dans le cas où l'attelage direct est possible, mais encore, probablement, dans d'autres.

A la suite de cette communication, M. Martin fait remarquer qu'on peut employer deux modes d'étagement distincts pour éteindre l'énorme vitesse d'écoulement dont la vapeur est animée : 1° l'étagement des pressions, la vitesse restant la même pour toutes les roues ; 2° l'étagement des vitesses, la pression demeurant uniforme dans tout le système mobile. Il semble que ce second système est plus rationnel et permet d'éviter certaines pertes et de simplifier les appareils. L'expérience seule pourra décider à cet égard.

Extrait des conférences de M. Ledoux sur **l'organisation du travail dans les mines.**

Il s'agit d'une comparaison faite entre les mines de France, d'Angleterre, de Belgique et de Prusse sur divers points, tels que le recrutement des Ingénieurs, les relations des Compagnies avec les ouvriers, les délégués mineurs, les salaires, les libéralités accessoires, etc.

Note de M. Michel sur un ouvrage de M. Delecroix intitulé : **Statistique des houillères en France et en Belgique.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *31 mai 1890.*

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler.

Construction des diagrammes d'indicateur de machines a détente en cylindres multiples, par E. Monch.

Patentes.

Bibliographie. — Ventilation mécanique des mines, par J. von Hauer.

Correspondance. — Géométrie, mécanique et cinématique.

Variétés. — Durée moyenne des patentes d'invention en Allemagne. — Exposition internationale d'électricité à Francfort-sur-le-Mein. — Navigation pendant la nuit dans le canal de Suez. — Installations d'électricité en Italie. — Chauffage au goudron.

N° 23. — *7 juin 1890.*

Ordre du jour de la trente et unième assemblée générale de l'Association à Halle-sur-Saale.

Notice nécrologique sur Hermann Lamberts.

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler *(suite)*.

Idées d'un technicien sur les réformes projetées dans la législation des patentes d'invention, par J. Schutz.

Nettoyage mécanique des tuyaux en fonte de distribution d'eau, à Berlin, par G. Oester.

Groupe de Hanovre. — Transformation de l'énergie électrique des stations centrales. — État actuel de la question du chauffage par le gaz. — Progrés accomplis dans l'extraction et l'emploi de l'aluminium.

Patentes.

Correspondance. — Accident aux machines du paquebot *City of Paris.*

Variétés. — Écrasement d'un foyer en tôle ondulée. — Essais des matériaux destinés aux chemins de fer. — Chemin de fer pneumatique.

N° 24. — *14 juin 1890.*

Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler *(suite)*.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de 1889 à Paris, par G. Rohn *(suite)*.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Patentes.

Rapport de la commission des patentes de l'Association des Ingénieurs allemands sur les modifications proposées à la législation du 25 mai 1877 sur les patentes d'invention.

N° 25. — *21 juin 1890.*

Procédé Mannesmann pour le laminage des tubes, par F. Reuleaux.
Nouvelles machines d'élévation d'eau, par A. Riedler *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Nouvelles dispositions d'armatures de chaudières.

Patentes.

Bibliographie. — Études sur les moyens de franchir les chutes des canaux, par MM. H. Gruson et L.-A. Barbet.

Variétés. — Laboratoires d'essais d'électricité à Magdebourg.

N° 26. — *28 juin 1890.*

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par R. Salomon (*suite*).
Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite)*.
La canalisation de la Moselle.

Groupe de Hanovre. — Nouvelles dispositions d'armatures de chaudières *(fin)*.

Groupe de Wurtemberg. — Armes portatives. — Historique de l'éclairage.

Patentes.

Bibliographie. — Étude sur la marche du Bureau impérial des brevets d'invention, par le Dr Hartig. — Recherches expérimentales sur l'électricité, par M. Faraday. — Manuel de la construction des navires en fer, par M. Otto Schlick.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1890.

(Bulletins)

Accidents du travail et l'industrie (Les), analyse de l'ouvrage de M. A. Gibon, par M. G. Salomon (Séance du 6 juin) 681

Bibliographie, par M. A. Mallet 251

Calcul graphique et mécanique, par M. R. Arnoux, et lettre de M. de Gennes (Séances des 11 et 25 avril) . . . . . 361 et 373

Chaudières à vapeur à l'Exposition universelle de 1889 (Les), par MM. S. Périssé, Ch. Compère et P. Regnard (Séance du 6 juin), mémoires . . . . . 524, 543, 562, 682, 684 et 687

Chemin de fer glissant et propulsion hydraulique (Le), de L. D. Girard, par M. A. Barre (Séance du 17 janvier) 34

Chemin de fer glissant (Discussion sur le), de M. A. Barre, par MM. P. Regnard, A. Barre et A. Brüll (Séance du 7 février) 166

Chemin de fer à voie étroite, Ouvrage de M. A. de Ibarreta (Séance du 21 février) 175

Chroniques des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin 119, 234, 327, 453, 653 et 822

Comptes rendus des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin 130, 246, 337, 466, 662 et 831

Concours pour la construction d'une gare à Bucharest (Résultat du), (Séance du 21 mars) 274

Congrès international de mécanique appliquée (Les travaux du), par M. L. Boudenoot (Séance du 17 janvier), mémoire . . . . 31 et 75

Congrès international des accidents du travail (Formation d'un comité permanent du) (Séance des 21 février et 2 mai) . . . . 176 et 479

Congrès international de sauvetage (Compte rendu du) (Séances des 21 février et 7 mars) . . . . . 176 et 262

Congrès des Sociétés savantes en 1890, et délégués de la Société (Séances des 21 mars, 11 et 25 avril) . . . . . 274, 356 et 372

Constructions en maçonnerie (Stabilité des), analyse de l'ouvrage de M. E. Boix, par M. A. de Ibarreta 230

Décès : de MM. A. Meyer, E. A. Chameroy, A. Proveux, V. E. Gaupillat, E. Biver — G. Hirn, A. Durenne, S. Gotendorf, M. Gerest — L. Dufresne, E. J.-B. Dumas — L. Yvert, E. Schoubart — L. Poupart,

Ch. Barrouin — H. Rouit, Charpentier de Cossigny — D. Banderali, J. Marland — E. Péligot, L. Courras, Ph. Imbach, E. Plainemaison — L. de Loriol, Ch. Viron, E. Ameuille, G. A. Berthon — G. Portier — F. Moreaux et L. E. Potelet (Séances des 3 et 17 janvier, 7 et 21 février, 7 et 21 mars, 11 et 25 avril, 16 mai, 6 et 20 juin. 28, 30, 159, 175, 261, 273, 355, 370, 503, 678 et 690

Décorations françaises :

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. E. Pereire.
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. E. Cauvin.
CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. A. Delaperrière, E. Paul, J. Japy.
OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. O. Bocandé, L. Cahen-Strauss, A. Liébaut, P. A. Mallet, A. Hardon, V. E. Ferrand, F. Bauer, F. Fabre, E. Furno, E. Ladret, L. Gasne.
CHEVALIER DU MÉRITE AGRICOLE : M. A. Duboul.

Décorations étrangères :

COMMANDEUR DE L'ORDRE DU NICHAM IFTIKHAR : M. A. Berthon.
OFFICIER — — : M. A. Béthouart.
COMMANDEUR DE L'ORDRE DU CHRIST DE PORTUGAL : M. H. Doat.
CHEVALIER DE L'ORDRE DE LÉOPOLD (Belgique) : M. B. Yrazusta.
CHEVALIER DE LA COURONNE DE PRUSSE : M. C. Zschokke.
CHEVALIER DE L'ORDRE DE LA CONCEPTION DE VILLA VIÇOSA : M. H. de Baère.
CHEVALIER DE L'ORDRE DE SAINT-STANISLAS DE RUSSIE : M. A. Ansaloni.
CHEVALIER DE L'ORDRE DE SAINTE-ANNE DE RUSSIE : M. G. Eiffel.
CHEVALIER DE L'ORDRE D'ISABELLE LA CATHOLIQUE (Espagne) : M. L. Baudet.
CHEVALIER DE L'ORDRE DU CAMBODGE : M. L. Baudet (Séances des 3 et 17 janvier, 7 et 21 février, 11 avril, 2 et 16 mai et 6 juin), 29, 31, 160, 175, 355, 477, 503 et 678

Discours prononcé aux obsèques de M. G.-A. Hirn, au nom de la Société industrielle, par M. A. Dolfus 112

Discours prononcé aux obsèques de M. G.-A. Hirn, au nom de la Société des Ingénieurs civils, par M. W. Grosseteste 114

Dons de titres provenant de l'emprunt de 75 000 francs (Séances des 1er et 17 janvier, 7 et 21 février, 7 mars, 11 et 25 avril, 2 mai, 6 et 20 juin). . . 29, 31, 160, 176, 261, 356, 372, 477, 680 et 691

Éclairage électrique actuel dans différents pays (L'), comparaison de son prix de revient avec celui du gaz. Note de M. J. Couture analysée par M. G. Cerbelaud (Séance du 25 avril). 373

Emprunt de 75 000 francs (Résultat du tirage de 234 obligations à rembourser sur l') (Séance du 20 juin). 701

Enseignement professionnel (L'), par M. H. Couriot, et observations de MM. E. Polonceau, Ed. Roy, S. Périssé et Ch. Lucas (Séance du 7 février) 160

Erratum (Séance du 11 avril) 355

Estuaire de la Seine, lettre de M. J. de Coëne (Séance du 25 avril). 373

Exposition d'électricité à Édimbourg, en 1890 (Séance du 7 mars) 262

Frein continu (Nouveau système de) *(suite et fin)*, par M. E. Soulerin. 46

Hydraulique agricole et génie rural, ouvrage de M. Durant-Claye, présenté par M. E. Trélat (Séance du 7 février). 159

Installation des membres du Bureau et du Comité, discours de MM. G. Eiffel et V. Contamin (Séance du 3 janvier) . . . . 4 et 16

Legs Adolphe Meyer (Séances des 25 avril et 2 mai). . . . 373 et 478

Lettre de remerciement de M^me^ Vve Hirn (Séance du 21 février) 175

Médaille commémorative de la participation du Mexique à l'Exposition de 1889, offerte à la Société par la Commission mexicaine (Séance du 3 janvier). 30

Médaille d'argent, décernée par le Ministère de l'Instruction publique à M. J. Beloin (Séance du 7 février). 159

Médaille d'or de la Société, décernée à M. H. Remaury (Séance du 20 juin). 699

Membres nouvellement admis . . . . . 3, 158, 260, 333, 476 et 677

Membres (Recrutement des nouveaux) (Séance du 11 avril). 356

Membres correspondants (Lettres d'acceptation des) (Séances des 21 mars, 25 avril et 2 mai) . . . . . 273, 373 et 477

Monographie du régime hydraulique de la Seine, lettre de M. J. de Coëne (Séance du 3 janvier) 30

Nomination de Membres du Comité consultatif des chemins de fer pour 1890-1891 (Séance du 3 janvier). 29

Nomination de Membres de la commission supérieure des Expositions internationales (Séance du 3 janvier). 29

Nomination de M. S. Périssé, comme Président de l'association des industriels de France contre les accidents du travail (Séance du 3 janvier) 29

Nomination d'un Membre du Comité permanent du Congrès des accidents du travail (Séance du 17 janvier) 31

Nomination de MM. V. Contamin et G. Eiffel, comme membres honoraires de la Société Impériale polytechnique de Russie (Séance du 11 avril). 337

Nomination de MM. Kotchoubey, Ghercevanoff, Belelubsky et Herzenstein, comme Membres honoraires de la Société (Séance du 6 juin). 679

Nomination de MM. F. Reymond et G. Eiffel, comme membres honoraires de l'Association des Ingénieurs industriels de Barcelone (Séance du 6 juin). 679

Nomination de MM. G. Eiffel et V. Contamin, comme membres honoraires de l'Institut royal néerlandais (Séance du 20 juin). 692

Notice nécrologique sur M. A. Durenne, par M. F. Bourdil. . . . 116

Notice nécrologique sur M. G. A. Hirn, par M. W. Grosseteste. . . 109

Notice nécrologique sur M. D. Bandérali, par M. V. Contamin . . . 451

Ouvrages, mémoires et manuscrits reçus 2, 154, 258, 350, 474 et 674

Pont du Forth (Le) par M. L. Coiseau (Séance du 21 février), Mémoire 180 et 381

Pont à arches surbaissées en béton aggloméré, par M. E. Coignet (Séance du 11 avril) 358

Ponts métalliques (Traduction des circulaires ministérielles russes concernant les), par M. Belelubsky (Séance du 2 mai). 480

Prix annuel. Médaille d'or décernée à M. H. Remaury (Séance du 20 juin) 699

Prix Giffard (nomination de membres du jury pour le) (Séance du 7 février) 160

Prix Giffard, encouragement attribué à M. D. A. Casalonga. (Séance du 20 juin). 700

Prix décernés par la Société d'encouragement (Séance du 7 mars) 262

Production et emploi de la vapeur considérée comme force motrice principalement dans les locomotives, par MM. A. Lencauchez et L. Durant 720

Publications périodiques reçues par la Société (Liste des) . . 137

Réception des Ingénieurs étrangers pendant l'Exposition de 1889 (Lettres diverses au sujet de la) (Séances des 7 mars et 11 avril) . . . . . 262, 356 et 357

Résistance des matériaux. Essai de méthode élémentaire commune aux ponts rigides et aux ponts articulés, par M. N. de Tédesco, lettre de M. Bertrand de Fontviolant (Séances des 21 mars et 11 avril) . . . . . 278 et 354

Situation financière de la Société (Exposé de la) par M. le Trésorier (Séance du 20 juin) 693

Souscription en faveur de l'érection d'une statue à la mémoire d'Alfred Durand-Claye (Séance du 6 juin) 680

Statique graphique des arcs élastiques (Mémoire sur la), par M. Bertrand de Fontviolant et observations de MM. V. Contamin, C. Polonceau et Chaudy (Séance du 16 mai) mémoire . . . . 503 et 402

Télégramme adressé à la Société par les Ingénieurs de Barcelone (Séance du 21 février) 176

Tirage forcé et son application aux chaudières marines, par MM. Demoulin (Séance du 7 mars) mémoire . . . . . 263 et 291

Tirage forcé dans les chaudières fixes et marines et son application spéciale à la combustion des charbons menus, par M. C. Jouffray (Séance du 7 mars). 268

Tirage forcé (Discussion des mémoires de MM. M. Demoulin et C. Jouffray (sur le) par MM. M. Perret, A. Lencauchez et lettre de M. J. Pillet (Séances des 21 mars et 11 avril) . . . . . 282 et 355

Traités de commerce et leur renouvellement (Les) par M. E. Bert (Séance du 21 février) mémoire. . . . . 176 et 203

Traités de commerce et leur renouvellement (Discussion du mémoire de M. E. Bert (sur les), par MM. J. Fleury, Cornuault, Euverte, Gassaud, E. Simon, G. Cerbelaud, Ch. Herscher, Ed. Roy, E. Polonceau, E. Bert, E. Coignet, H. Couriot (Séances des 25 avril, 2 et 16 mai). . . . . 374, 480 et 508

Traités de commerce et leur renouvellement (Les), observations en réponse au mémoire de M. E. Bert, par M. J. Fleury 577

Traités de commerce et leur renouvellement, Protection et libre-échange. Réponse à M. J. Fleury, par M. E. Bert 620

Traités de commerce et les tarifs des douanes, lettre de M. Poillon (Séance du 6 juin) 680

Vapeur (Mémoire sur la production et emploi de la) par MM. Durant et Lencauchez, résumé par M. E. Polonceau (Séance du 20 juin) . . . 702

Verre et les moyens de les reconnaître (Les défauts du) par M. L. Appert (Séance du 21 mars), mémoire . . . . . 274 et 310

Voie à adopter pour la ligne de Biskra-Tougourt-Ouargla (Note sur la largeur de la), par M. A Fock 192

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, A PARIS. — 13070-7-90.

Fig. 6

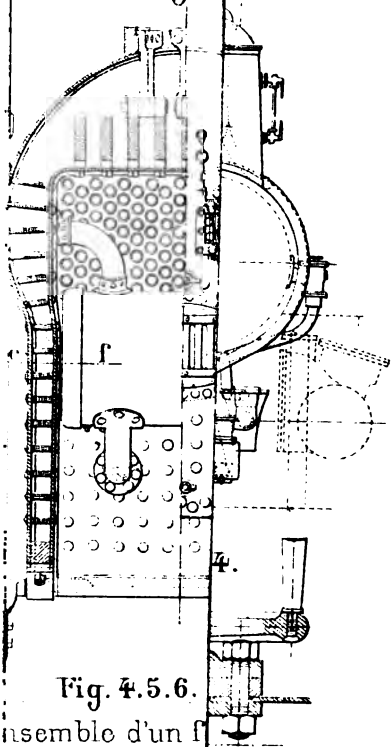


Fig. 4.5.6.
nsemble d'un f
ystème Ten Brink-Bo
ocomotives à ma

Fig. 20.

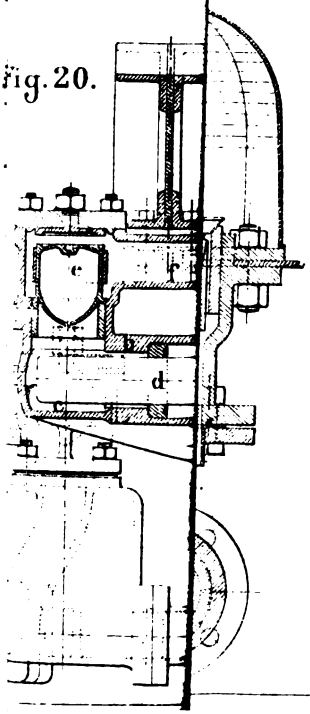
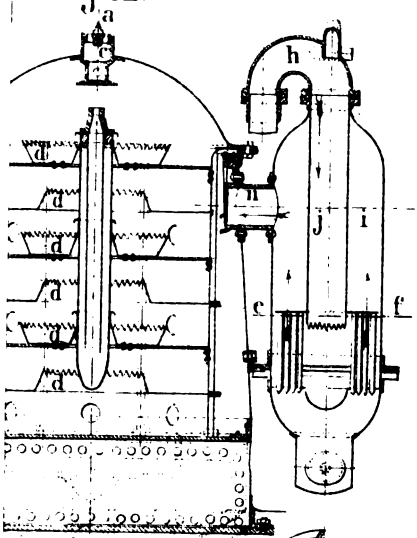


Fig. 12.



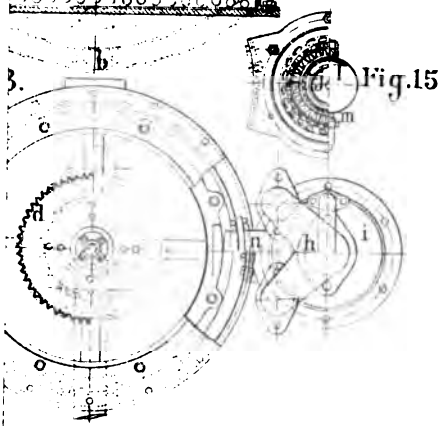
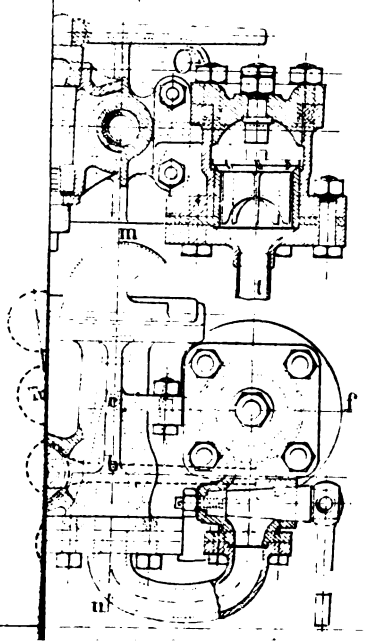
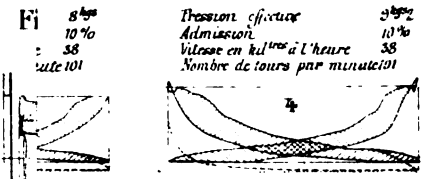
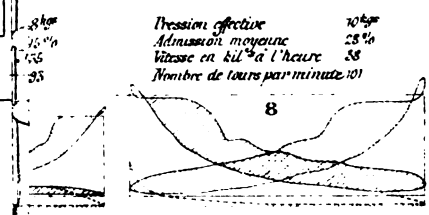


Fig. 15

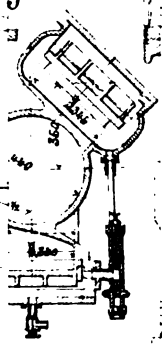


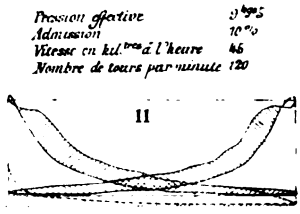
g. 44.





g. 46





g. 56.

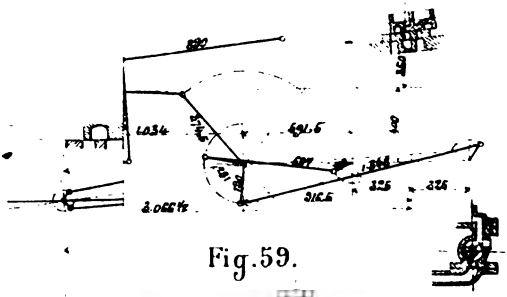


Fig. 59.

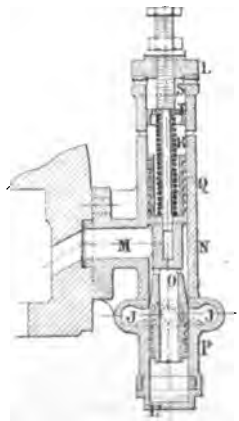
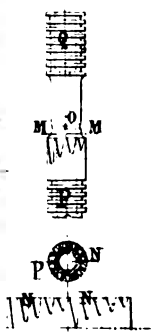
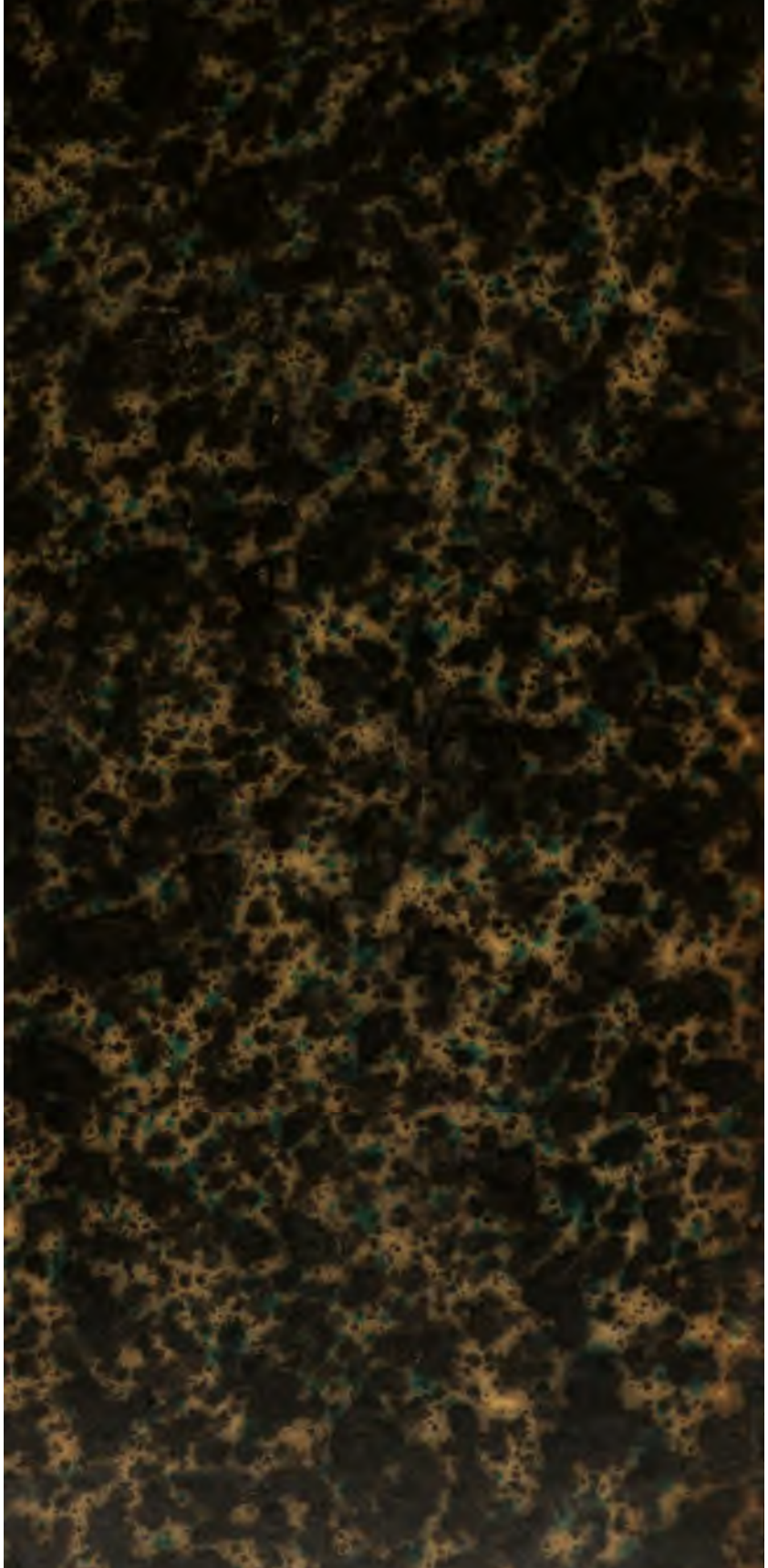



Fig. 60.